

Epistemologische Einstellungen  
von angehenden  
Chemie- und Physiklehrenden

Wissenschaftlicher Realismus und das Lehren von Modellen

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
Dr. rer. nat.  
der Fakultät für Chemie  
an der Universität Duisburg-Essen  
vorgelegt von

Norman Frank Riehs  
geboren in Bad Soden-Salmünster

im Januar 2013

Für Ginetta.

Die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen wurden am Institut für Chemiedidaktik an der Universität Duisburg-Essen durchgeführt.

Gutachter: Prof. Dr. Stefan Rumann  
Prof. Dr. Hans E. Fischer  
Prof. Dr. Markus Rehm

Vorsitzender des Prüfungsausschusses: Prof. Dr. Stephan Barcikowski

Tag der mündlichen Prüfung: 26. April 2013

# Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Einleitung	3
Teil I: Theoretischer Hintergrund	5
1 Nature of Science	6
1.1 Definitionen und historische Entwicklung . . . . .	6
1.2 Epistemologische Aspekte von NOS . . . . .	7
1.3 Implementation von NOS in den naturwissenschaftlichen Unterricht . . . . .	9
1.4 NOS in den Bildungsstandards . . . . .	12
1.5 Empirische Erfassung von NOS-Einstellungen . . . . .	14
Zusammenfassung . . . . .	17
2 Wissenschaftlicher Realismus und Antirealismus	18
2.1 Definitionen . . . . .	18
2.2 <i>Truth as correspondence</i> . . . . .	21
2.3 <i>Surrogates for truth</i> . . . . .	24
2.4 <i>No truth</i> . . . . .	27
2.5 Die Realismus-Debatte in der Didaktik der Naturwissenschaften . . . . .	29
2.6 Empirische Erfassung wissenschaftstheoretischer Positionen . . . . .	31
Zusammenfassung . . . . .	34
3 Denkstile und Denkkollektive	36
3.1 Ludwik Flecks Theorie der wissenschaftlichen Tatsachen . . . . .	36
3.2 Denkstile als Strategien an den Beispielen Chemie und Physik . . . . .	38
3.3 Überlegungen zu den Denkstilen im Lehramtsstudium der Chemie und Physik in Deutschland . . . . .	41

---

Zusammenfassung . . . . .	43
4 Modelle im wissenschaftstheoretischen und fachdidaktischen Kontext . . . . .	44
4.1 Epistemologische Interpretation von Modellen . . . . .	44
4.2 Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht . . . . .	45
4.3 Empirische Erfassung von Modell-Repräsentationen . . . . .	50
Zusammenfassung . . . . .	51
5 Ziele und Methoden der Untersuchung . . . . .	52
5.1 Forschungsfragen und Hypothesen . . . . .	52
5.2 Empirisch zu prüfendes Modell . . . . .	54
5.3 Instrumente der empirischen Studie . . . . .	55
Ablauf der Studie . . . . .	57
 Teil II: Empirische Studien . . . . .	 58
<i>Exkurs:</i> Statistische Methoden . . . . .	60
6 Entwicklung der Instrumente . . . . .	65
6.1 Grad des wissenschaftlichen Realismus . . . . .	65
6.2 Inhaltswissen in und Interesse an Wissenschaftstheorie . . . . .	77
6.3 Modelle und Modellierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht . . . . .	78
Zusammenfassung . . . . .	80
7 Pilotstudie . . . . .	81
7.1 Instrumente und Sample . . . . .	81
7.2 Ermittlung psychometrischer Kenndaten . . . . .	82
7.2.1 Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR) . . . . .	82
7.2.2 Assoziationsstudie zu wissenschaftstheoretischen Universalien . . . . .	85
7.2.3 Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS) . . . . .	86
7.2.4 Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS) . . . . .	88
7.2.5 Modelle und Modellierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht . . . . .	88
7.3 Instrumentengüte . . . . .	90
8 Hauptstudie . . . . .	93
8.1 Stichprobengröße und Power . . . . .	93
8.2 Datenerhebung und biographische Angaben . . . . .	94

---

---

8.3	Deskriptive Analyse der Instrumente . . . . .	96
8.3.1	Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR) . . . . .	96
8.3.2	Assoziationsstudie . . . . .	99
8.3.3	Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS) . . . . .	100
8.3.4	Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS) . . . . .	102
8.3.5	Instrumente zu Modellen und Modellierungen im naturwissenschaft- lichen Unterricht . . . . .	103
8.4	Inferenzstatistische Analyse zu Forschungsfrage 1 . . . . .	107
8.4.1	Hypothese 1.1 . . . . .	107
8.4.2	Hypothesen 1.2 und 1.3 . . . . .	109
	Zusammenfassung Forschungsfrage 1 . . . . .	114
8.5	Inferenzstatistische Analyse zu Forschungsfrage 2 . . . . .	115
8.5.1	Hypothese 2.1 . . . . .	116
8.5.2	Hypothese 2.2 . . . . .	120
8.5.3	Hypothese 2.3 . . . . .	124
8.5.4	Clusteranalyse der Modellskalen . . . . .	127
	Zusammenfassung Forschungsfrage 2 . . . . .	130
9	Diskussion der Ergebnisse	131
10	Zusammenfassung und Ausblick	134
	 Verzeichnisse	 136
	Literaturverzeichnis	136
	Abbildungsverzeichnis	150
	Tabellenverzeichnis	152
	Abkürzungsverzeichnis	155
	 Anhang	 157
	Anhangsverzeichnis	158

---

# Abstract

One of the currently discussed topics of research in science education is “nature of science” and its implementation in science curricula. In German secondary schools science is taught in separate subjects: physics, chemistry, and biology.

In the course of the adoption of philosophy of science topics basic research concerning the differences between epistemic stances of science teachers has not been conducted yet. The German “Bildungsstandards” do not explicitly mention aspects of nature of science. Additionally the epistemological aspects of the standards in physics and chemistry education are quite similar.

Theoretical works of different authors lead to the assumption that the subject of study influences the epistemological stances of students. Ludwik Fleck’s approach of domain-specific styles of reasoning (“Denkstile”) is one of the central aspects of the works of Thomas S. Kuhn and Ian Hacking.

This study contributes to (1) the understanding of epistemic stances of pre-service physics and chemistry teachers in Germany and (2) the relation of teachers’ epistemic stances and their views about models and modelling in science education.

Regarding pre-service teachers, views on aspects of nature of science can differ between biology, physics, and chemistry teachers. The first research question aims at these differences. Due to missing quantitative instruments examining epistemological stances in respect of the degree of scientific realism, a questionnaire is developed and carried out with additional questionnaires and tests to measure variables like knowledge and interest in philosophy of science.

The second research question is concerned with the relations of teachers’ epistemological stances and their representation and activities with models and modelling in classroom contexts. Different questionnaires are applied to examine the extent of the correlations.

The results show the sample of pre-service chemistry teachers to be more attracted to a realistic epistemology than the physics teachers. The variable knowledge of philosophy of science is found to be influencing the degree of scientific realism. Within the group of physics teachers the degree of scientific realism also turns out to be dependent on the interest in philosophy of science.

Teachers' attitudes towards models and modelling in science education seem to be related to their epistemic stances. The strongest correlation is found between the degree of scientific realism and the teacher's representation of models in science education contexts. Pre-service teachers with realistic stances tend to represent models as direct copies, while less realist persons describe models as tools or instruments. Furthermore, teachers with low-realistic stances discuss the meaning and nature of models more often. The relation of the degree of scientific realism and the way of introducing models in school education by pre-service science teachers is not significant.

---



# Einleitung

In einer immer komplexer werdenden Welt tragen die Erkenntnisse der Naturwissenschaft in einem hohem Maße zu den Veränderungen der Lebensumgebung des Menschen bei. Die wissenschaftsbasierten technischen Entwicklungen stehen dabei in ständiger Interaktion mit individuellen und gesellschaftlichen Reformationen. Für offene und aufgeklärte Gesellschaften stellt sich dabei unweigerlich die Frage, wie der Einsatz und die Kontrolle von Hochtechnologien demokratisch legitimiert werden kann.

Eine wichtige Voraussetzung der Partizipation an gesellschaftlichen Diskursen ist ein adäquates Verständnis der zur Diskussion stehenden Gegenstände. Gerade in Bezug auf wissenschaftlich-technische Fragestellungen müssen die Fachdidaktiken der Naturwissenschaft nicht nur die Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse übernehmen sondern auch deren gesellschaftliche und philosophische Bedeutung herausstellen. Wenn Schülerinnen und Schüler zu selbstständigem und kritischem Denken angeleitet werden sollen, ist die adäquate Vermittlung von sowohl Inhalts- als auch Methodenwissen von hoher Bedeutung.

Im letzten Jahrzehnt ist es in der Didaktik der Naturwissenschaften in Deutschland zu einer verstärkten Fokussierung auf das Wissen *über* Wissenschaften gekommen. Im Zentrum des Forschungsinteresses steht dabei eine Verbreiterung des wissenschaftstheoretischen Fundaments in der naturwissenschaftlichen Bildung.

Wenig und bisher nicht systematisch erforscht sind in diesem Kontext die grundlegenden epistemologischen Überzeugungen angehender Lehrkräfte der Naturwissenschaften. Durch welche Variablen werden diese beeinflusst? Existieren fächerübergreifende wissenschaftstheoretische Ansichten, oder sind erkenntnistheoretische Überzeugungen unabhängig von Unterrichtsfach?

Diese theoretisch geleiteten Fragen zu epistemologischen Ansichten sowie Überlegungen zu den Auswirkungen unterschiedlicher Überzeugungen von Lehrkräften auf ihre Unterrichtshandlungen stehen im Zentrum dieser Arbeit. Insbesondere wird der in der Fachdidaktik stark diskutierte Themenkomplex der wissenschaftlichen Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht untersucht.

Diese Arbeit soll einen Beitrag leisten, die Einflüsse wissenschaftstheoretischer Einstellungen naturwissenschaftlicher Lehrkräfte auf Unterrichtshandlungen zu untersuchen.

Im ersten, theoretischen Teil der Arbeit finden sich Diskussionen des fachdidaktischen Konstrukts „Nature of Science“ sowie der wissenschaftstheoretischen Begriffe „wissenschaftlicher Realismus“ und „Denkstil“ (Kapitel 1-3). Anschließend wird in Kapitel 4 auf die theoretischen Grundlagen des fachdidaktischen Themenkomplexes „wissenschaftliche Modelle“ eingegangen. Die Überlegungen aus dem theoretischen Teil münden schließlich im Kapitel „Ziele und Methoden der Untersuchung“, in dem sich die Forschungsfragen und Hypothesen sowie eine Übersicht über den Ablauf der Studie finden lassen.

Der empirische Teil beginnt mit einem kurzen Exkurs, der einen Einblick in die in dieser Arbeit verwendeten mathematisch-statistischen Methoden gibt. Anschließend lässt sich die Entwicklung der Instrumente verfolgen. Es folgt die Analyse der Pilotstudie in Kapitel 7 und die Präsentation der Ergebnisse der Hauptstudie (Kapitel 8). Eine zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse findet sich schließlich in Kapitel 9, es folgt eine Zusammenfassung der Arbeit und ein Ausblick. Jedes Kapitel endet mit einem kurzen Resümee.

---

# Teil I: Theoretischer Hintergrund

# 1 Nature of Science

## 1.1 Definitionen und historische Entwicklung

In der Didaktik der Naturwissenschaften findet die Forderung nach einer stärkeren Implementation wissenschaftstheoretischer Aspekte in den Unterricht immer mehr Anhänger. Lederman (2007) gibt den Beginn der Forschung unter dem Schlagwort „Nature of Science“ (NOS) mit einem Artikel der Central Association for Science and Mathematics Teachers (1909) an. Trotz der relativ langen Tradition von NOS unterstreichen Abd-El-Khalick und Lederman, dass in der Philosophie, der Wissenschaftstheorie und der Fachdidaktik keine Einigkeit über das Konstrukt NOS existiert (2000, S. 666).<sup>1</sup>

Eine grobe Definition von NOS geben Driver, Leach, Millar und Scott (1996) mit den Ausdrücken „Wissen über Wissenschaft“ im Gegensatz zu „wissenschaftlichem Wissen“ an (1996, S. 3, Ü. d. A.).

Eine historische Annäherung an den Begriff zeigt, dass in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vor allem das Verständnis der wissenschaftlichen Methode im Zentrum der NOS-Auffassung steht. Die Transformation des Konstruktes beginnt in den 1950er Jahren<sup>2</sup> und mündet schließlich in einer Hervorhebung der sozialen Faktoren wissenschaftlichen Wissens und des Erkenntnisprozesses (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, S. 667). Erste Kategorisierungen von NOS-Aspekten und empirische Studien führen Cooley und Klopfer (1961), Welch und Pella (1967) sowie Kimball (1967) durch.

Lederman unterteilt die naturwissenschaftsdidaktische NOS-Forschung der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in vier Hauptstränge:

- (a) assessment of student conceptions of the nature of science;
- (b) development, use, and assessment of curricula designed to “improve” student conceptions of the nature of science;

---

<sup>1</sup>Ebenfalls in diesem Kontext von Bedeutung ist die Unterscheidung zwischen „the NOS“ und „NOS“. Durch das Auslassen des bestimmten Artikels machen viele Autorinnen und Autoren darauf aufmerksam, dass es sich um ein wenig einheitliches Konstrukt handelt (vgl. Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, S. 665f).

<sup>2</sup>Als Hinweis lässt sich z. B. eine Bemerkung von Wilson (1954) finden: „The purpose of science in the education of those who will not be scientists need careful thought and discussion“ (1954, S. 159).

- (c) assessment of, and attempts to improve, teachers' conceptions of the nature of science;
- (d) identification of the relationship among teachers' conceptions, classroom practice and students' conceptions. (Lederman, 1992, S. 332)

Hinsichtlich des Begriffs „Nature of Science“ lässt sich festhalten, dass er unterschiedliche Bedeutungen aufweisen kann. Lederman (2007, S. 832) weist darauf hin, dass es in der fachdidaktischen Literatur keinen generellen Konsens bezüglich der Definitionen gibt. In Bezug auf die Naturwissenschaftsdidaktik drückt die dominierende Notation von NOS einen Inhaltsbereich im Curriculum aus, der auf das Wissen *über* Wissenschaften fokussiert.

## 1.2 Epistemologische Aspekte von NOS

Eine Definition von NOS als Wissen *über* Wissenschaft schließt die konkreten Inhalte dieses Wissens nicht mit ein. Vielmehr muss das Konstrukt NOS in fachdidaktischer Hinsicht mit erkenntnistheoretischen Aspekten gefüllt werden. Diese dem Feld der Philosophie der Wissenschaften zugeordneten Inhalte sind Streitpunkte diverser Debatten, sowohl in der Philosophie als auch in der Fachdidaktik der Naturwissenschaften.

In der gegenwärtigen fachdidaktischen Forschung wird der Versuch unternommen, für die Inhalte von NOS einen übergreifenden Konsens zu suchen. Dies findet unter anderem Ausdruck in einer vielzitierten Delphi-Studie unter Expertinnen und Experten der Fachdidaktik von Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar und Duschl (2003) sowie in einer Lehrplananalyse verschiedener nationaler Bildungsstandards von McComas und Olson (2002). Beide Arbeiten untersuchen den Konsens in Bezug auf die Inhaltsbereiche von NOS. Die Ergebnisse von McComas und Olson (2002) und Osborne et al. (2003) sind vergleichend in Tabelle 1.1 dargestellt. Betrachtet man die aufgeführten Inhaltsbereiche von einerseits nationalen Bildungsstandards und andererseits Expertinnen und Experten in einer Delphi-Studie, zeigt sich trotz der unterschiedlichen empirischen Methodik eine große Schnittmenge von Aspekten, die unter das Konstrukt NOS fallen.

Die Suche nach Konsens bezüglich der Aussagen, die NOS definieren, wird von Alters (1997b) kritisiert. Nach einer Studie, in der er die Zustimmung von Wissenschaftstheoretikerinnen und Wissenschaftstheoretikern zu grundlegenden Aussagen von NOS aus verschiedenen naturwissenschaftsdidaktischen Veröffentlichungen untersucht, bilanziert er der Fachdidaktik der Naturwissenschaft eine allzu normative Vereinnahmung einer primär philosophischen Thematik: „[...] we should acknowledge that no one agreed-on NOS exists“ (Alters, 1997b, S. 48). Er plädiert für einen pluralistischen Zugang zu NOS im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Dieser Kritik setzen Smith, Lederman, Bell, McComas und Clough (1997) mehrere Punk-

Tabelle 1.1: Inhaltsbereiche von NOS: (1) Analyse nationaler Bildungsstandards durch McComas und Olson (2002) und (2) Delphi-Studie unter Didaktikern, Wissenschaftshistorikern, -philosophen und -soziologen. Übernommen aus Osborne et al. (2003, S. 713).

(1) Nationale Bildungsstandards	(2) Delphi-Studie
Scientific knowledge is tentative	Science and Certainty
Science relies on empirical evidence	Analysis and Interpretation of Data
Scientists require replicability and truthful reporting	Scientific Method and Critical Testing
Science is an attempt to explain phenomena	Hypothesis and Prediction
Scientists are creative	Creativity Science and Questioning
Science is part of social tradition	Cooperation and Collaboration in the Development of Scientific Knowledge
Science has played an important role in technology	Science and Technology <sup>a</sup>
Scientific ideas have been affected by their social and historical milieu	Historical Development of Scientific Knowledge Diversity of Scientific Thinking
Changes in science occur gradually	
Science has global implications	
New knowledge must be reported clearly and openly	

te entgegen. Neben methodischen Schwächen werfen sie der Studie von Alters einen Bias vor: die für seine Studie ausgewählten Aspekte und Inhalte von NOS seien gerade diejenigen, die in der fachdidaktischen Diskussion umstritten diskutiert würden. Ihrer Meinung nach ist das Aufstellen allgemeiner Aussagen („tentets“) nur auf niedrigem Level möglich (Smith et al., 1997, S. 1102); Lederman (1998, S. 2) bezeichnet die von Alters als kritisch identifizierten Aspekte von NOS als für die Schulbildung irrelevant, da sie nicht auf einem niedrigen Level stünden, sondern durch ihre sehr präzisen Formulierungen im Einzelfall stets abgelehnt werden müssten. Alters (1997a) hingegen vertieft in einer Replik seine Kritik dahingehend, dass normative Aussagen der naturwissenschaftlichen Didaktik stets einer empirischen Überprüfung seitens der Wissenschaftstheorie standhalten müssten (1997a, S. 1107), was seiner Meinung nach nicht für alle Aspekte von NOS in der gegenwärtigen Forschung gelte.

### 1.3 Implementation von NOS in den naturwissenschaftlichen Unterricht

Ein Leitmotiv („ultimate goal“) der naturwissenschaftlichen Bildung ist nach [Abell und Smith \(1994, S. 475\)](#) die wissenschaftliche Grundbildung aller Schülerinnen und Schüler. Diese umfasst nicht nur das naturwissenschaftliche Inhaltswissen, sondern ebenso das Verständnis von NOS. Dabei folgen [Abell und Smith](#) der NOS-Definition von [Duschl \(1988, S. 57\)](#): „knowledge of both why science believes what it does and how science has come to think that way“.

Ähnliche Motive lassen sich in anderen Arbeiten finden, wie etwa bei [McComas und Almazroa \(1998, S. 511\)](#): „[NOS] instruction should take a more prominent role in the science curriculum“. In den „Benchmarks for Science Literacy“ der [American Association for the Advancement of Science \(AAAS\)](#) werden im Kapitel „The Nature of Science“ diese Motive als konkrete Ziele aufgeführt, die Lernende in Bezug auf ihre Jahrgangsstufe erreicht haben sollten ([AAAS, 1993, Kap. 1](#)).

Tabelle 1.2: Überblick über die Argumente für eine Implementation von NOS in den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Shen (1975)	Thomas und Durant (1987)	Driver et al. (1996)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical scientific literacy</li> <li>• Civic scientific literacy</li> <li>• Cultural scientific literacy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benefits to science</li> <li>• Benefits to national economies</li> <li>• Benefits to national power and influence</li> <li>• Benefits to individuals</li> <li>• Benefits to democratic government</li> <li>• Benefits to society as a whole</li> <li>• Intellectual benefits</li> <li>• Aesthetic benefits</li> <li>• Moral benefits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilitarian argument</li> <li>• Democratic argument</li> <li>• Cultural argument</li> <li>• Moral argument</li> <li>• Science learning argument</li> </ul>

Argumente für eine generelle oder stärkere Implementation von NOS in den naturwissenschaftlichen Unterricht werden seit den 1970er Jahren zunächst von [Shen \(1975\)](#) sowie später von [Thomas und Durant \(1987\)](#) publiziert. [Driver et al. \(1996\)](#) unterstreichen die ihrer Meinung nach wichtigsten Argumente der beiden aufgeführten Arbeiten. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 1.2. Nach [Lederman \(2007, S. 832\)](#) sind die aufgeführten Argumen-

te im Wesentlichen auf intuitiven Annahmen aufgebaut, deren empirische Überprüfung größtenteils noch aussteht.

Modelle für eine erfolgreiche Implementation von NOS in den naturwissenschaftlichen Unterricht lassen sich bei Schwartz und Lederman (2002) finden. Ihrer Meinung nach reicht bloßes Inhaltswissen in NOS allein nicht aus, um Inhalte von Wissen *über* Wissenschaft adäquat zu vermitteln (2002, S. 232). Daher modellieren Schwartz und Lederman zunächst ein Pedagogical Content Knowledge (PCK) für NOS, das eine Schnittmenge von Wissen über NOS, Subject Matter Knowledge (SK) und Pedagogical Knowledge (PK) repräsentiert. Das in Abbildung 1.1 dargestellte Modell ist eine modifizierte Version des PCK-Modells von Shulman (1986).

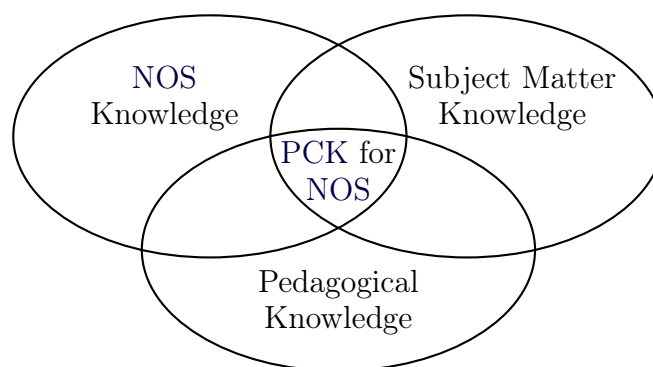


Abbildung 1.1: Beziehungen zwischen NOS, SK und PK nach Schwartz und Lederman (2002, S. 232). Um NOS adäquat zu unterrichten wird sowohl Inhaltswissen als auch pädagogisches Wissen benötigt.

Für eine erfolgreiche Vermittlung von NOS ist das neu definierte PCK für NOS jedoch keine hinreichende, sondern lediglich notwendige Bedingung. Viele weitere Faktoren spielen in die Unterrichtspraxis eine Rolle. Als wesentlich für die Vermittlung werden in der Studie von Schwartz und Lederman Überzeugungen und Intentionen ausgemacht, die erst in der Interaktion mit dem PCK für NOS eine sinnvolle Übersetzung von NOS-Inhalten in der Unterrichtspraxis ermöglichen (siehe Abbildung 1.2). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Abd-El-Khalick, Bell und Lederman (1998) nach der Auswertung der Daten einer qualitativen Studie zur Unterrichtsplanung und -umsetzung zum Thema NOS.

Die Nutzung einer philosophischen Meta-Sprache als einen weiteren, wichtigen Faktor bei der Vermittlung von NOS führen Driver et al. (1996) an. Die Diskussion *über* wissenschaftliches Wissen im Unterricht bedient sich anderer Ausdrücke, als die Diskussion *um* wissenschaftliches Wissen. Das Modell in Abbildung 1.3 von Driver et al. beschreibt die Beziehungen zwischen Objekten und Phänomenen, wissenschaftlicher Sprache sowie der Metasprache der Wissenschaftstheorie.



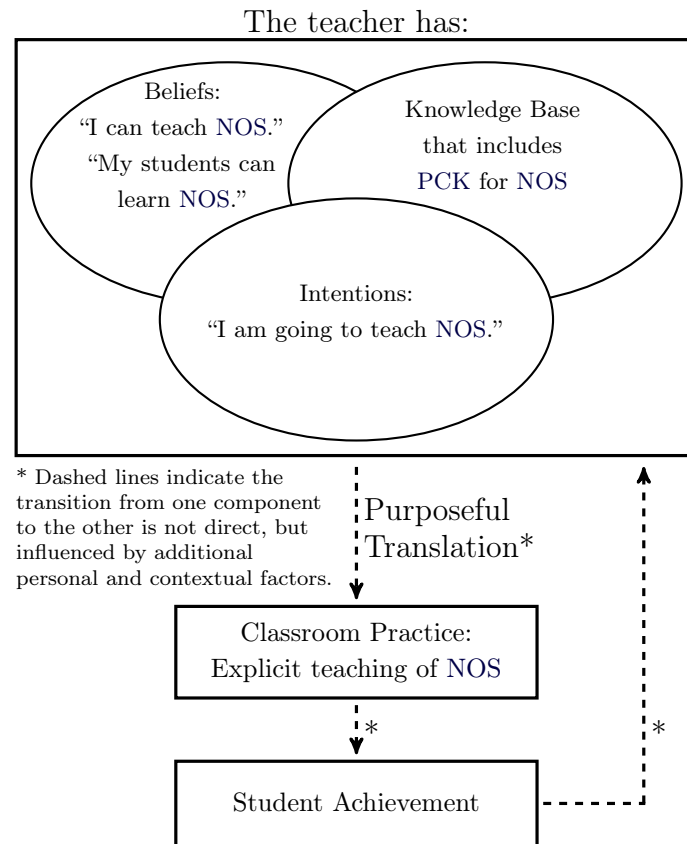


Abbildung 1.2: Bedingungen für die erfolgreiche Vermittlung von NOS nach Schwartz und Lederman (2002, S. 233).

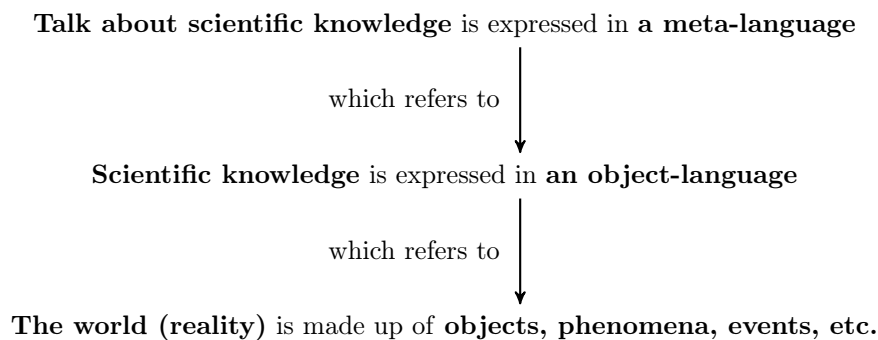


Abbildung 1.3: Relationen zwischen Phänomenen, Wissenschaftssprache und Metasprache nach Driver et al. (1996, S. 3).

Ein weiterer Streitpunkt bei der Diskussion um eine adäquate Vermittlung von NOS-Inhalten im Unterricht ist die Frage nach einer expliziten oder impliziten Herangehensweise. Palmquist und Finley (1997) kommen nach einer Studie zu dem Schluss, dass Kurse zum Thema NOS an der Universität die Einstellung der Studierenden verändert. Dies führen die Autoren auf eine implizite Vermittlung mit wenig direkter Anleitung zurück. Bell, Le-

derman und Abd-El-Khalick (1998) weisen allerdings diesen Schluss zurück und betrachten das Vorgehen von Palmquist und Finley eher als Beispiel für eine explizite Vermittlung.

Auch Abd-El-Khalick und Lederman (2000, S. 694f) kommen zu dem Schluss, dass der explizite und reflektierte Zugang zu NOS eine größere Wirkung entfaltet.

## 1.4 NOS in den Bildungsstandards

In der deutschen Naturwissenschaftsdidaktik ist das Konstrukt „Nature of Science“ erst im letzten Jahrzehnt stärker ins Blickfeld der Forschung gerückt. Die bekannteste Übersetzung des Begriffs in die deutsche Sprache lautet „Natur der Naturwissenschaften“<sup>3</sup> (vgl. Höttecke, 2001), ebenfalls gebräuchlich ist „Wesen der Naturwissenschaften“ (vgl. Labudde & Adamina, 2008).

Die Forschung in Deutschland knüpft zunächst an die US-amerikanische qualitative Methode an und fokussiert wesentlich die Entwicklung des NOS-Wissen von Lernenden und dessen exakte Kartographie. In jüngster Zeit werden auch quantitative Instrumente entwickelt, um NOS-Wissen und -Einstellungen in großen Stichproben erfassen zu können (vgl. z. B. Neumann, 2011). Ähnlich der internationalen Situation herrscht in Deutschland ebenfalls ein Konsens darüber, dass das Konstrukt NOS einen zentralen Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung darstellt (Höttecke, 2001; Kircher & Dittmer, 2004; Priemer, 2006; Sodian, Jonen, Thoermer & Kircher, 2006). Die im Gegensatz dazu geringe Bedeutung von NOS im Unterricht in Deutschland wird u. a. von Fischler (2001) sowie von Höfle, Höttecke und Kircher (2004) kritisiert.

Obwohl bereits einige Staaten NOS in ihr Curriculum eingeführt haben, weisen die deutschen Bildungsstandards der Fächer Physik und Chemie keine Begrifflichkeit auf, die direkt mit wissenschaftstheoretischen Konzepten wie etwa dem NOS-Konstrukt in Verbindung gebracht werden kann (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), 2005a; 2005b).

Es zeigt sich allerdings mit der Implementation des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ erstmals ein Ansatz, der eine Anschlussfähigkeit in Richtung eines Unterrichts aufweist, der sich an dem Ziel „scientific literacy“ orientiert. Die einzelnen Standards des Kompetenzbereiches „Erkenntnisgewinnung“ für die Fächer Chemie und Physik sind in den Tabellen 1.3 und 1.4 aufgeführt. Ebenfalls in dieser Hinsicht von Bedeutung ist der Bereich „Bewertung“, der unter anderem den NOS-Aspekt der Reichweite und Grenzen von Wissenschaft beinhaltet. Wie bereits in Abschnitt 1.3 vermerkt, führen die „Benchmarks for Science Literacy“ der AAAS (1993) explizite und präzise Ziele für den NOS-Unterricht

---

<sup>3</sup>Höttecke macht darauf aufmerksam, dass das Wort „Natur“ in „Natur der Naturwissenschaften“ in der Bedeutung „Geartetheit“ zu lesen ist (2001, S. 19).

Tabelle 1.3: Bildungsstandards des Fachs Chemie für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung – Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen“ (KMK, 2005a, S. 12).

Die Schülerinnen und Schüler ...	
E 1	erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind,
E 2	planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen,
E 3	führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese,
E 4	beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte,
E 5	erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie,
E 6	finden in erhobenen oder recherchierten Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen,
E 7	nutzen geeignete Modelle (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente) um chemische Fragestellungen zu bearbeiten,
E 8	zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie auf.

Tabelle 1.4: Bildungsstandards des Fachs Physik für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung – Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen“ (KMK, 2005b, S. 11).

Die Schülerinnen und Schüler ...	
E 1	beschreiben Phänomene und führen sie auf bekannte physikalische Zusammenhänge zurück,
E 2	wählen Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen aus, prüfen sie auf Relevanz und ordnen sie,
E 3	verwenden Analogien und Modellvorstellungen zur Wissensgenerierung,
E 4	wenden einfache Formen der Mathematisierung an,
E 5	nehmen einfache Idealisierungen vor,
E 6	stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf,
E 7	führen einfache Experimente nach Anleitung durch und werten sie aus,
E 8	planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse,
E 9	werten gewonnene Daten aus, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen,
E 10	beurteilen die Gültigkeit empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung.

auf. Schülerinnen und Schüler sollen nach der 8. Jahrgangsstufe beispielsweise wissen:

(1A/M1a) When similar investigations give different results, the scientific challenge is to judge whether the differences are trivial or significant, and it often takes further studies to decide.

(1A/M4c\*) Science can sometimes be used to inform ethical decisions by identifying the likely consequences of particular actions, but science cannot be used by itself to establish that an action is moral or immoral. (AAAS, 1993)

Beim Vergleich der Standards in den USA und Deutschland fällt die unterschiedliche Grundstruktur auf: Während die deutschen Bildungsstandards wesentlich auf die ein-

zeln Lernenden und deren individuelles Handeln und Denken fokussieren, stellen die US-amerikanischen „Benchmarks“ allgemeines Wissen über Wissenschaften in den Vordergrund. Handlungen und Fertigkeiten der Lernenden werden nicht explizit aufgeführt.

## 1.5 Empirische Erfassung von NOS-Einstellungen

Um die Einstellungen oder das Wissen von Lehrenden und Lernenden hinsichtlich wissenschaftstheoretischer Aspekte zu erfassen, sind eine Reihe von Instrumenten entwickelt worden. Fragebögen und Tests zu den Relationen von Wissenschaft und Gesellschaft („Science–Technology–Society“) stehen mit VOSTS (Aikenhead & Ryan, 1992), NSTQ (Tairab, 2001) oder VOSE (Chen, 2006) zur Verfügung. Instrumente, die sich stärker an das Konstrukt NOS anlehnen, sind in Tabelle 1.5 mit den jeweils betrachteten Aspekten aufgelistet. Eine Übersicht deutschsprachiger Verfahren zur Erfassung von epistemologischen Überzeugungen findet sich bei Priemer (2006).

Im Wesentlichen sind Instrumente, die sich an normativen Zielen („tenets“, siehe Abschnitt 1.2) orientieren, mit der gleichen Kritik konfrontiert, die auch einem normativen Inhaltsbereich von NOS entgegengebracht wird: Mit dem Setzen von adäquaten oder nicht-adäquaten NOS-Einstellungen wird ein wissenschaftstheoretisch komplexes Thema unzulässig auf verkürzte Ausdrücke abgebildet, die ohne ein umfassendes Fundament wenig Aussagekraft besitzen (vgl. z. B. Alters, 1997b, S. 1106f).

Trotz des großen Aufwandes, der vor allem in der US-amerikanischen Forschung betrieben wird, um NOS-Einstellungen von Lernenden und Lehrenden adäquat zu erfassen, herrscht bis heute wenig Konsens darüber, welche empirische Methode die verlässlichsten Ergebnisse hervorbringt. Analysen diverser Verfahren finden sich bei Lederman, Wade und Bell (1998). Eine Analyse vier verschiedener Messmethoden im Bereich Science-Technology-Society kann bei Aikenhead (1988) verfolgt werden. Im Folgenden wird ein Überblick über die Formate gegeben, die bei der Erfassung epistemologischer Einstellungen Verwendung finden. Eine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der Formate ist in Tabelle 1.6 dargestellt.

### Rating-Formate

Bei der Erfassung von Einstellungen mit Instrumenten im Rating-Format werden den Teilnehmern bestimmte Aussagen vorgegeben, zu denen der Grad an Zustimmung oder Ablehnung mit einer Likert-Skala erfasst wird (dichotom oder  $n$ -stufig). Viele Instrumente im Bereich NOS basieren auf diesem Format. Wesentlicher Vorteil ist die Möglichkeit des Einsatzes in großen Samples. Außerdem können die Daten einer quantitativen Analyse entweder nach klassischer Testtheorie oder mit der Item-Response-Theory (IRT) unterzogen

Tabelle 1.5: Überblick über verschiedene Instrumente zur Erfassung von NOS-Einstellungen von Lehrenden und Lernenden der Naturwissenschaften.

Name und Referenz	Format <sup>a</sup> , Items	Zielgruppe <sup>b</sup>	erfasste Aspekte
Koulaidis und Ogborn (1989)	GA $i = 29$	Stud., LuL	Scientific method Criteria of demarcation Patterns of scientific change Status of scientific knowledge
VNOS Lederman et al. (2002)	FA $i = 10$	SuS, Ref., LuL	Tentative NOS Empirical NOS Inferential NOS Creative NOS Theory-laden NOS Function / relationship between theories and laws Social and cultural embeddedness of science Existence of a universal scientific method
SUSSI Liang et al. (2009)	RF $i = 24$ FA $i = 6$	Stud., Ref.	Observations and Inferences Tentativeness Scientific Theories and Laws Social & Cultural Embeddedness Creativity and Imagination Scientific Methods
NOSSI Neumann (2011)	GA $i = 106$	SuS	<i>Scientific investigations...</i> ...begin with a question ...encompass multiple methods and approaches ...allow multiple interpretations <i>Scientific knowledge is...</i> ...influenced by subjectivity ...empirically based and inferential ...tentative

<sup>a</sup>RF: Rating-Format; GA: Gebundene Antworten; FA: Freie Antworten<sup>b</sup>SuS: Schülerinnen und Schüler, Stud.: Studierende, Ref.: Referendarinnen und Referendare, LuL: Lehrerinnen und Lehrer

werden.

Aussagen mit epistemologischem Hintergrund werden nicht von allen Menschen gleich interpretiert. Daher müssen solche Instrumente gewährleisten, dass die Aussagen von Personen mit unterschiedlichem Hintergrund zumindest ähnlich verstanden werden (vgl. Chen, 2006, S. 804f).

Die Aufklärungstiefe der zu messenden Variablen ist relativ gering, da über die eventuell zugrundeliegenden Entscheidungskriterien für eine Zustimmung oder Ablehnung eines Items keine Informationen erhoben werden. Um eine detailreiche Analyse der Items oder

einer Skala zu erhalten, kann das Rating-Format um andere empirische Methoden ergänzt werden.

Tabelle 1.6: Unterschiedliche Formate von Instrumenten zur Erfassung von NOS-Einstellungen und deren Eigenschaften.

Format	Abk.	Details	Auswertung	Bias
Rating	RF	wenige	quantitativ (Skala)	gering
Gebunden	GA	mittel	quantitativ (Kategorien)	groß
Frei	FA	viele	qualitativ	gering

### Gebundene Antworten

Im Gegensatz zu Rating-Formaten, in denen die Teilnehmer nur eine Aussage hinsichtlich ihrer Zustimmung bewerten, stehen sich bei gebundenen Antworten mehrere Aussagen gegenüber. Instrumente dieses Formats erfassen die Einstellung von Personen durch deren Ähnlichkeit zu einer der vorgegebenen Aussagen. In Tests werden dabei in unterschiedlichen Verfahren adäquate NOS-Ansichten definiert oder in empirischen Vorstudien erhoben. Zusätzlich nutzt man weitere Distraktoren, die inadäquate Aussagen repräsentieren. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Stufung der gebundenen Antworten in verschiedene Level der Adäquatheit. Jeder Antwort wird dabei eine Stufe zugeordnet.

Durch die Vorgabe von Aussagen, denen eine Person am ehesten zustimmen würde, kann ein starker Bias erzeugt werden. Die zu wählenden gebundenen Antworten enthalten Ideen und Argumente über den Item-Stamm. Die Wahl der Aussage kann daher nicht allein auf die Einstellung der befragten Person zurückgeführt werden – die Stärke des Arguments könnte ebenfalls zu der Entscheidung für oder wider eine Aussage geführt haben.

### Freie Antworten und Interviews

Eines der bekanntesten offenen Instrumente ist Views on Nature of Science Questionnaire (VNOS) von Lederman et al. (2002). Das Instrument umfasst lediglich die Item-Stämme, es folgt eine freie Antwort der Befragten, die im Anschluss analysiert wird. Der Fragebogen ist für viele Zielgruppen – von Lernenden in der Grundschule bis zu Lehrkräften – sowie in deutscher Übersetzung verfügbar (Höttecke & Rieß, 2007).

Offene Formate, wie etwa Interviews oder freie Antworten in Fragebögen, haben den Vorteil, epistemologische Einstellungen relativ unbeeinflusst zu ermitteln, können allerdings lediglich qualitativ ausgewertet werden.

Einen Ansatz, der eine nachträgliche quantitative Analyse offener Antworten ermöglicht, bietet eine „scoring procedure“ des VOSTS-Instrumentes von Rubba, Schoneweg Bradford und Harkness (1996). Dabei werden die freien Antworten in einem Rating-Verfahren klassifiziert und einem Level zugeordnet. Diese Prozedur ermöglicht die quantitative Auswertung der Daten, ohne einen Bias durch diverse Antwortmöglichkeiten in einem gebundenem Format zu erzeugen. Nachteilig hierbei ist die normative Zielsetzung des Rating-Verfahrens, in dem adäquate und nicht-adäquate Antworten unterschieden werden. Diese Verfahren orientieren sich, wie auch die gebundenen Antworten, an NOS-Zielen und sind daher nicht unumstritten (siehe Abschnitt 1.2).

## Zusammenfassung

Nature of Science ist ein seit längerer Zeit bestehendes Konstrukt, das in der Didaktik der Naturwissenschaft einen Konsens über das Wesen der Wissenschaft beschreibt. In der gegenwärtigen Forschung herrscht eine pragmatische Einigung über fundamentale Aussagen von NOS. Viele Autoren plädieren für eine stärkere Implementation von wissenschaftstheoretischen Fragen in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Um diesen Forderungen Nachdruck zu verleihen sind eine Reihe von Argumenten erbracht worden. Über die Frage, wie die Vermittlung von NOS-Wissen am besten zu erreichen sei, herrscht hingegen noch kein genereller Konsens. Viele unterschiedliche Ansätze des Unterrichtens von NOS konkurrieren miteinander. Einige Studien zeigen jedoch die Vorteile eines expliziten und reflektierten Zugangs zu NOS im Unterricht.

In Deutschland werden wissenschaftstheoretische Aspekte im Unterricht seit mindestens zehn Jahren verstärkt erforscht. Besonders im Hinblick auf die Bildungsstandards gibt es das Bedürfnis, NOS-Wissen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern zu erfassen. Das US-amerikanische Konstrukt NOS wird allerdings nicht als eigenständiger Punkt wie etwa in den „Benchmarks for Science Literacy“ der AAAS aufgeführt, sondern verteilt sich auf mehrere Kompetenzbereiche der deutschen Bildungsstandards.

Die Entwicklung und der Einsatz von Instrumenten zur Erfassung von NOS finden sich vor allem in der US-amerikanischen Forschung, in den letzten Jahren allerdings auch verstärkt in Deutschland. Über die Frage, wie ein möglichst objektives Messen von epistemologischen Einstellungen ermöglicht werden kann, gibt es unterschiedliche Ansichten.

## 2 Wissenschaftlicher Realismus und Antirealismus

### 2.1 Definitionen

Einer der zentralen Aspekte dieser Arbeit bezieht sich auf die metaphysische Grundposition von Theorien über Wissenschaft. Die beiden Begriffe, die diese Position beschreiben sind der wissenschaftliche Realismus und Antirealismus<sup>4</sup>. Ähnlich vieler anderer epistemologischer Begriffe ist die Definition wenig einheitlich, viele Strömungen und Spielarten realistischer und antirealistischer Theorien von Wissenschaft und wissenschaftlicher Erkenntnis sind in der Literatur zu finden (Überblicke bieten Burr, 1986; Harré, 1986; Musgrave, 1988 sowie Niiniluoto, 2002).

Die Frage nach der Existenz einer vom Bewusstsein unabhängigen Außenwelt wird als „Realismus-Debatte“ bezeichnet und ist ein lange bekanntes und grundlegendes Problem, das sich durch alle Epochen der Philosophie hinweg erstreckt (Nola, 1988, S. 55). Kant merkt in der „Kritik der reinen Vernunft“ dazu an:

[...] so bleibt es immer ein Skandal der Philosophie und allgemeinen Menschenvernunft, das Dasein der Dinge außer uns (von denen wir doch den ganzen Stoff zu Erkenntnissen selbst für unseren inneren Sinn her haben) bloß auf Glauben annehmen zu müssen, und, wenn es jemand einfällt es zu bezweifeln, ihm keinen genügenden Beweis entgegenstellen zu können. (Kant, 1900ff, KrV, AA 03, S. 23)

Merkmal realistischer Theorien über Wissenschaften ist deren Annahme einer objektiven, äußeren Welt, die durch wissenschaftliche Methoden zumindest annäherungsweise beschrieben werden kann. Im Eintrag „Scientific realism“ in der „Stanford Encyclopedia of Philosophy“ definiert Chakravartty (2011) wissenschaftlichen Realismus sowie seinen Gegenspieler, den wissenschaftlichen Antirealismus, wie folgt:

Scientific realism is a positive epistemic attitude towards the content of our best theories and models, recommending belief in both observable and unobservable aspects of the world described by the sciences. This epistemic attitude has important metaphysical and semantic dimensions, and these various commitments are contested by a number of rival epistemologies of science, known collectively as forms of scientific antirealism. (Chakravartty, 2011)

---

<sup>4</sup>Die Begriffe „wissenschaftlicher Realismus“ und „Realismus“ werden im Folgenden synonym gebraucht; gleiches gilt für „wissenschaftlichen Antirealismus“ und „Antirealismus“.



In wissenschaftstheoretischen Konzepten können unterschiedliche Aspekte und Problemfelder mehr oder minder realistisch interpretiert werden. Niiniluoto (2002) stellt eine Reihe wesentlicher Punkte auf, hinsichtlich derer realistische oder antirealistische Ansichten vertreten werden können (siehe Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1: Aspekte realistischer wissenschaftstheoretischer Einstellungen nach Niiniluoto (2002, S. 2).

	Aspekt	Problemfeld
N1	<i>Ontological</i>	Which entities are real? Is there a mind-independent World?
N2	<i>Semantical</i>	Is truth an objective language-world relation?
N3	<i>Epistemological</i>	Is knowledge about the world possible?
N4	<i>Axiological</i>	Is truth one of the aims of science?
N5	<i>Methodological</i>	What are the best methods for pursuing knowledge?
N6	<i>Ethical</i>	Do moral values exist in reality?

Durch Kombination unterschiedlicher Einstellungen gegenüber den aufgeführten Aspekten sind zahlreiche Möglichkeiten und Denkart von Realismus bis hin zum Antirealismus möglich.

Tabelle 2.2: Prinzipien realistischer Einstellungen nach Sankey (2001, S. 35ff).

	Prinzip	Beschreibung
S1	<i>Discover the truth</i>	[...] the thesis that the aim of science is to discover the truth about the world.
S2	<i>Literal interpretation</i>	The scientific realist interprets scientific discourse about theoretical entities in a literal fashion as discourse which purports to be about real unobservable entities.
S3	<i>Mind-independence</i>	The world investigated by science is an objective reality that exists independently of human thought.
S4	<i>Correspondence</i>	Truth consists in correspondence between a claim about the world and the world.
S5	<i>Objective nature of truth</i>	[...] it is the external world that renders our claims about the world true or false.
S6	<i>Genuine knowledge</i>	For the scientific realist, the scientific pursuit of truth gives rise to genuine knowledge of the natural world.

Eine weitere Abgrenzung der Konstrukte bietet Sankey (2001), der in seinem Ansatz wichtige Prinzipien ausmacht, die den wissenschaftlichen Realismus beschreiben (siehe Tabelle 2.2). Beim Vergleich der Aspekte Niiniluotos und der Prinzipien Sankeys finden sich große Überschneidungen. Beide Autoren führen die Annahmen bewusstseinsunabhängiger Erkenntnis und einer objektiven Welt auf (N1 bzw. S3). Ebenfalls sind die direkten semantischen Beziehungen zwischen Begriffen und Objekten sowie das Streben nach Wahrheit als Ziel der Wissenschaften als Merkmal realistischer Positionen aufgeführt.

Eine realistische Einstellung in Bezug auf eine objektiv erkennbare Welt impliziert eine Korrespondenztheorie der Wahrheit, die in den Punkten N2 respektive S4 gefunden werden kann. Der Korrespondenztheorie der Wahrheit liegt eine direkte Referenz zwischen Begriff und Objekt zugrunde (siehe dazu Young, 2008) und ist in der philosophischen Debatte immer wieder starker Kritik ausgesetzt. U. a. wird sie als „zu weitläufig“, „trivial“ oder auch „obskur“ bezeichnet (vgl. David, 2009).

Neben der Korrespondenztheorie sind weitere Theorien der Wahrheit hervorgebracht worden (Foulkes, 1976). Niiniluoto unterscheidet diesbezüglich drei Kategorien von Wahrheitskriterien: „Truth as correspondence“, „Surrogates for truth“ sowie „No truth“ (2002, S. 11).

Die Kriterien dienen einer Unterteilung des Spektrums wissenschaftstheoretischer Positionen anhand ihrer Wahrheitsannahmen, welche in direktem Zusammenhang mit der realistischen oder antirealistischen Interpretation von Erkenntnissen steht. In Tabelle 2.3 sind wichtige Positionen der jeweiligen Kriterien dargestellt, die in den folgenden Abschnitten weiter ausgeführt werden.

Tabelle 2.3: Kategorisierung wissenschaftstheoretischer Positionen nach Niiniluotos Wahrheitskriterien.

	Wahrheitskriterium	Position
T1	<i>Truth as correspondence</i>	Metaphysischer Realismus Interner Realismus Kritischer Realismus
T2	<i>Surrogates for truth</i>	Entitätenrealismus Struktureller Realismus Konstruktiver Empirismus
T3	<i>No truth</i>	Kuhns wissenschaftliche Revolutionen Feyerabends anarchische Erkenntnistheorie

Auf der einen Seite des Spektrums von realistischen und antirealistischen Theorien steht der metaphysische Realismus, der jedwede Form der Erkenntnis als vom Beobachter un-

abhängig betrachtet. Diese Auffassung ist die gängigste im Umgang mit den Dingen des täglichen Lebens, und daher auch unter dem Namen „Alltagsrealismus“ oder direkter Realismus bekannt. Eine Übertragung dieser Sichtweise auf wissenschaftliche Inhalte wird meist als „naiver Realismus“ bezeichnet (siehe dazu Ryan & Aikenhead, 1992, S. 561). Andere Arten realistischer Positionen, denen eine mehr oder minder starke Korrespondenztheorie der Wahrheit zugrunde liegt, fallen ebenfalls unter die Kategorie des Wahrheitskriteriums T1.

Das entgegengesetzte Ende der Skala (Kriterium T3) bilden die skeptischen Philosophien, die absolute Wahrheiten ablehnen und jedwede Erkenntnis als mentale oder kulturelle Prozesse verstehen, die keinerlei tatsächliche Referenz zu einer objektiven Realität aufweisen. Die bekanntesten Vertreter sind Thomas S. Kuhn und Paul Feyerabend. Radikal-konstruktivistische Theorien von Wissenschaft können ebenfalls zu den Positionen gezählt werden, die eine absolute Wahrheit oder eine Annäherung der Wissenschaft an die Realität ablehnen (vgl. dazu Nola, 1988, S. 73ff).

In Kategorie T2 lassen sich Positionen einordnen, die zwar eine erfahrbare, absolute Wahrheit verneinen, generelle Erkenntnis jedoch auf anderen Grundlagen ermöglichen. Solche Theorien gründen zumeist auf der Kohärenztheorie der Wahrheit oder der empirischen Adäquatheit bzw. Reliabilität von wissenschaftlichen Aussagen.

In den folgenden Abschnitten werden wichtige Positionen in der Kategorisierung der Wahrheitskriterien Niiniluoto vorgestellt, beginnend mit den realistischen Positionen, denen eine Korrespondenztheorie der Wahrheit zugrunde liegt.

## 2.2 *Truth as correspondence*

### Metaphysischer Realismus

Für eine realistische Sicht der wissenschaftlichen Theorien und Objekte sind viele Argumente hervorgebracht worden. Eines der wichtigsten und bekanntesten ist das „No-Miracle“-Argument von Putnam (1979). Danach ist der wissenschaftliche Realismus, „die einzige Philosophie, die Wissenschaft nicht als Wunder erscheinen lässt“ (S. 179, Ü. d. A.). Gäbe es keine vom Bewusstsein unabhängigen, externen Gegenstände und Beziehungen, dann würde die wissenschaftliche Methode letztlich zufällig die experimentellen Phänomene richtig vorhersagen.

Der metaphysische Realismus ist ein starker Realismus, der auf einer direkten Korrespondenz von wissenschaftlichen Begriffen und einer objektiven Außenwelt basiert. Die Annahmen fasst Niiniluoto in drei Punkten zusammen:

- MR1 The world consists of some fixed totality of mind-independent objects.
- MR2 There is exactly one true and complete description of ‘the way the world is’.
- MR3 Truth involves some sort of correspondence relation between words and external things or sets of things. (Niiniluoto, 2002, S. 211)

In einer verdichteten Form lässt sich die Definition des metaphysischen Realismus bei Nola und Irzik (2005) finden:

Realism with respect to item  $x$  = (1)  $x$  exists; (2)  $x$  exists independently of the mental. (2005, S. 288)

Der metaphysische Realismus benötigt nach Putnam (1981) für die philosophische Interpretation seiner Annahmen einen externen Blick auf die Welt, den er „God’s view“ nennt (S. 49).

### Interner Realismus

Putnams Kritik an der externen „Gottes-Perspektive“ führt schließlich zum internen Realismus. Durch die Zurückweisung einer übergeordneten Entscheidungsebene wird der Begriff der Wahrheit als „idealisierte rationale Akzeptanz“ definiert. Die wegen der Nähe zu Boyd (1975) benannte Putnam-Boyd-Formulierung des internen Realismus beinhaltet zwei Hauptaussagen:

- IR1 Terms in a mature science typically refer.
- IR2 The laws of a theory belonging to a mature science are typically approximately true. (Putnam, 1975, S. 179)

Die Argumentation des internen Realismus ist als empirische Theorie zu verstehen, die den Erfolg der Wissenschaft in den wissenschaftstheoretischen Kalkül einbezieht (Niiniluoto, 2002, S. 211). Die Mitglieder der wissenschaftlichen Gemeinschaft *glauben* an die Prämissen IR1 und IR2. Eine empirische Evaluation einer Theorie ist aber nur dann möglich, wenn die Prämissen wahr sind (Putnam, 1975, S. 179). Gegner dieses Argumentationsschemas bestreiten die Gültigkeit dieses Schlusses, nach McMullin (1991, S. 103f) ist er zyklisch und damit ungültig, Devitt (1983, S. 293ff) erörtert die inneren Widersprüche dieser Logik.

Dem internen Realismus liegt eine Konvergenztheorie der Wahrheit zugrunde: wissenschaftliche Theorien können sich als falsch herausstellen und müssen ersetzt oder modifiziert werden. Wissenschaftlicher Fortschritt stellt eine Annäherung der wissenschaftlichen Erkenntnisse an die tatsächliche Realität dar (vgl. Putnam, 1975, S. 178ff). Den wesentlichen Unterschied zwischen direktem (metaphysischem) und internem Realismus verdeutlichen Nola und Irzik (2005) in Abbildung 2.1. Die untere, gestrichelte Linie symbolisiert die unmoderierte Perzeption von externen Gegenständen durch das Individuum (direkter

Realismus), während im Modell des internen Realismus lediglich die Idee oder Sinneswahrnehmung – dargestellt durch eine Zwischenstufe – ontologische Existenz erreichen kann.

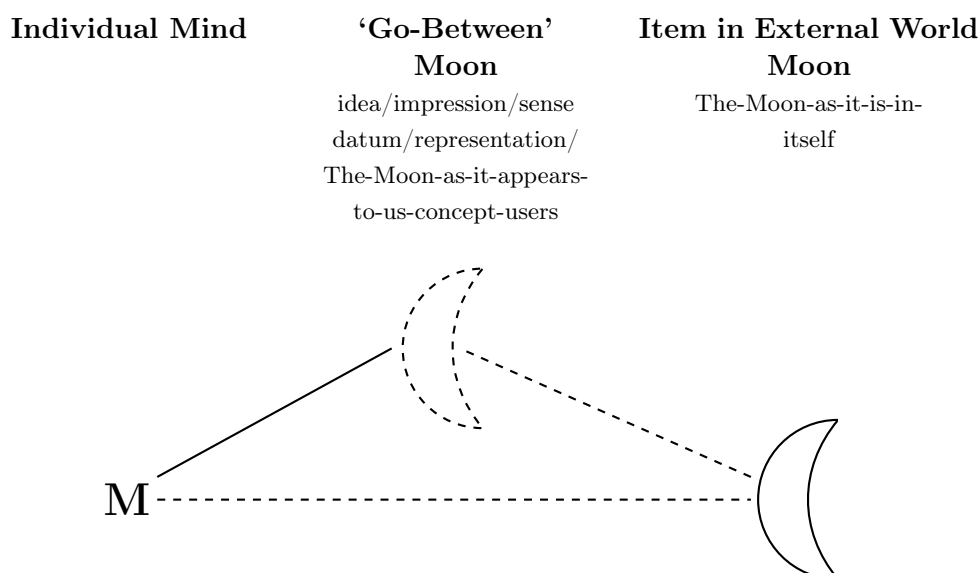


Abbildung 2.1: Direkter und interner Realismus. Die untere Linie stellt die direkte Perception von externen Gegenständen dar, der interne Realismus postuliert eine Zwischenstufe („Go-Between-Object“) der Erkenntnis. Aus: Nola und Irzik (2005, S. 167).

### Kritischer Realismus

Der kritische Realismus, vertreten von Niiniluoto (2002), zeichnet sich durch fünf Kriterien aus, die in Tabelle 2.4 aufgeführt sind.

In dieser Auflistung lassen sich Elemente des metaphysischen Realismus (CR0 und CR1) ausmachen: wissenschaftliche Entitäten werden als unabhängig vom Beobachter aufgefasst. Als kritisches Element wird mit CR4 das Erreichen absoluter Wahrheit bestritten. Diese Position ist dem internen Realismus sehr nahe und als moderat-realistisch zu betrachten, geht sie doch von externen Gegebenheiten aus, die allerdings von menschlicher Wissenschaft nicht letztgültig, d. h. mit absoluter Sicherheit, beschrieben werden können. Der kritische Realismus Niiniluotos lehnt sich stark an die Idee des kritischen Rationalismus an, der von Popper (1970) mit der semantischen Wahrheitstheorie Tarskis (1935) begründet wird<sup>5</sup>:

<sup>5</sup>Der Wahrheitsbegriff wird von Tarski (1935) wie folgt eingeführt: „*x ist eine wahre Aussage dann und nur dann, wenn p*“; um konkrete Erklärungen zu gewinnen, setzen wir in diesem Schema an die Stelle des Symbols ‘*p*’ irgend eine Aussage und an Stelle des ‘*x*’ einen beliebigen Einzelnamen dieser Aussage ein“ (S. 268).

Tabelle 2.4: Kriterien für realistische wissenschaftstheoretische Positionen nach Niiniluoto (2002, S. 10).

	Kriterium
CR0	At least part of reality is ontologically independent of human minds.
CR1	Truth is a semantical relation between language and reality. Its meaning is given by modern (Tarskian) version of the correspondence theory, and its best indicator is given by systematic enquiry using the methods of science.
CR2	The concepts of truth and falsity are in principle applicable to all linguistic products of scientific enquiry, including observation reports, laws, and theories. In particular, claims about the existence of theoretical entities have a truth value.
CR3	Truth (together with some other epistemic utilities) is an essential aim of science.
CR4	Truth is not easily accessible or recognizable, and even our best theories can fail to be true. Nevertheless, it is possible to approach the truth, and to make rational assessments of such cognitive progress.
CR5	The best explanation for the practical success of science is the assumption that scientific theories in fact are approximately true or sufficiently close to the truth in the relevant respects. Hence, it is rational to believe that the use of the self-corrective methods of science in the long run has been, and will be, progressive in the cognitive sense.

I do believe in ‘absolute’ or ‘objective’ truth, in Tarski’s sense (although I am, of course, not an ‘absolutist’ in the sense of thinking that I, or anybody else, has the truth in his pocket). (Popper, 1970, S. 56)

## 2.3 *Surrogates for truth*

### Entitätenrealismus

Der Entitätenrealismus zielt auf die Differenzierung ab, dass wissenschaftliche Entitäten unter bestimmten Voraussetzungen tatsächlich nicht bloß reine Konstrukte des menschlichen Geistes sind, wohl aber die Theorien, die sie beschreiben. Im Folgenden stehen die Auffassungen von Ian Hacking und Nancy Cartwright, beide Anhänger der *Stanford School* (Scerri, 2000a, S. 407), im Vordergrund.

Das bekannte Zitat Hackings „if you can spray them, they are real“ (1983a, S. 22) bezieht sich auf die Existenz wissenschaftlicher Entitäten: Werden unbeobachtbare Gegenstände der Wissenschaften als Mittel zum Zweck eingesetzt, d. h. dass die Folgen des Einsatzes zu neuer Erkenntnis führen, so können sie nicht mehr nur als theoretische, sondern müssen als

„experimentelle Entitäten“ bezeichnet werden (Hacking, 1987, S. 154). Im Gegensatz dazu können Theorien niemals wahr oder falsch sein, sondern lediglich die darin eingebetteten Gegenstände auf unterschiedliche Weisen beschreiben:

[...] at the level of experimental practice is scientific realism unavoidable—but this realism is not about theories and truth. The experimentalist need only to be a realist about the entities used as tools. (Hacking, 1987, S. 154)

Für Hacking stellt sich weniger die Frage nach der faktischen Beschaffenheit bestimmter Gegenstände, sondern vielmehr nach ihrer generellen ontologischen Existenz. Das Experiment bzw. die wissenschaftlichen Handlungen stehen im Zentrum seiner wissenschaftstheoretischen Forschung (vgl. Hacking, 1987, 1988).

Cartwrights Ansatz zielt in eine ähnliche Richtung. In ihrem Hauptwerk „How the laws of physics lie“ (1983) unterteilt sie wissenschaftliche Theorien in zwei Kategorien: deskriptive, d. h. phänomenologische / empirische, und fundamentale Theorien. Deskriptive Theorien beschreiben die Natur adäquat, erklären sie aber nicht, während fundamentale Theorien große Erklärungsmacht aber nur geringe Bezüge zu den Phänomenen aufweisen (S. 4f). Für sie bleiben Theorien daher stets Konstrukte des menschlichen Geistes, die keinerlei Referenz zu einer objektiv beschreibbaren Welt aufweisen.

### Struktureller Realismus

Wissenschaftstheoretische Positionen, die wissenschaftlichen Entitäten keine konkrete, unabhängige Existenz zuweisen, sondern lediglich die logischen Beziehungen zwischen Eigenschaften als unabhängig vom Bewusstsein annehmen, werden dem strukturellen Realismus zugerechnet. In der modernen Wissenschaftstheorie sind viele Formen dieser Spielart bekannt, die realistische und antirealistische Ansätze miteinander verbinden (Ladyman, 2009). Einer der Gründer und Hauptvertreter dieser Strömungen ist Worrall (1989, S. 232): „[...] all we can know about the unobservable world is its structure“. Auch bei einem Wechsel von Theorien in der Wissenschaftsgeschichte hat ein Element der wissenschaftlichen Beschreibung Konstanz: die mathematische und logische Struktur, in der sowohl die alte, als auch die neue Theorie ausgedrückt werden kann (Ladyman, 2009). Stein (1989) führt in dieser Hinsicht eine Neuinterpretation idealistischer Ideen Platons in den zeitgenössischen wissenschaftstheoretischen Diskurs ein:

[...] our science comes closest to comprehending ‘the real’, not in its account of ‘substances’ and their kinds, but in its account of the ‘Forms’ which phenomena ‘imitate’ (for ‘Forms’ read ‘theoretical structures’, for ‘imitate’, ‘are represented by’). (Stein, 1989, 57)

Ähnlich dem Entitätenrealismus ist auch der strukturelle Realismus im Spektrum der Positionen nur schwer einzuordnen. Durch eine überwiegend antirealistische Positionie-

rung bezüglich wissenschaftlicher Theorien und Entitäten kann er als ein sehr schwacher, skeptischer Realismus angesehen werden.

### Konstruktiver Empirismus

Mit dem Werk „The Scientific Image“ begründet [van Fraassen \(1980\)](#) den konstruktiven Empirismus. Sein Ansatz zielt darauf ab, eine konstruktivistische Philosophie mit der wissenschaftlich-experimentellen Methode zu verbinden:

Science aims to give us theories which are empirically adequate; and acceptance of a theory involves as belief only that it is empirically adequate. ([van Fraassen, 1980](#), S. 12)

Ähnlich dem Ansatz Cartwrights sind im konstruktiven Empirismus Theorien weder wahr noch falsch, doch können sie empirisch adäquat sein. Das ist genau dann der Fall, wenn die Voraussagen der Theorie richtig sind ([van Fraassen, 1980](#), S. 12). Eine wissenschaftliche Theorie wird dabei wie folgt definiert:

To present a theory is to specify a family of structures, its models; and secondly, to specify certain parts of those models (the empirical substructures) as candidates for the direct representation of observable phenomena. (1980, S. 64)

Ein Isomorphismus zwischen direkten, perzeptiven Beobachtungen und den empirischen Substrukturen einer Theorie begründet die empirische Adäquatheit von Theorie und experimentellen Befunden (siehe Abbildung 2.2). Die Wurzeln des konstruktiven Empirismus liegen im Wesentlichen in der instrumentalistischen Philosophie Pierre Duhems (vgl. [Cartwright, 1983](#); [van Fraassen, 1976](#)).

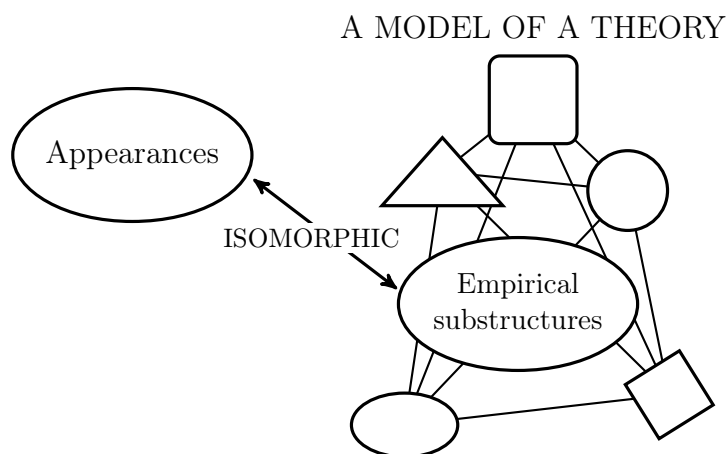


Abbildung 2.2: Modell der empirischen Adäquatheit von Theorien nach van Fraassen.  
Abbildung übernommen aus [Monton und Mohler \(2008, Kap. 1.5\)](#).

Die Stärke der Position van Fraassens ist die subjektive Grundhaltung, die anstelle von Wahrheit nach Adäquatheit strebt. In dieser Hinsicht besitzt der konstruktive Empirismus



Erklärungsmacht für wissenschaftlichen Fortschritt und tritt dem „No-Miracle“-Argument von Putnam entgegen, ohne auf den Begriff der Wahrheit zurückzugreifen. Phänomene können mit unterschiedlichen Theorien „eingefangen“ werden – allein die Passung zwischen empirischen Substrukturen und Phänomen entscheidet über die Akzeptanz oder Zurückweisung einer Theorie:

Scientists are concerned not with absolute truth but with theories that provide understanding of the phenomena involved. (Wolpert, 1992, S. 103)

Entitäten, die nicht direkt beobachtet werden können, beziehen somit ihre wissenschaftliche Berechtigung aus der Adäquatheit der Voraussagen in der Beobachtungswelt der Phänomene.

## 2.4 *No truth*

### **Kuhns wissenschaftliche Revolutionen**

Als Thomas S. Kuhn 1962 das Werk „The structure of scientific revolutions“ veröffentlicht, beginnt eine lebhafte Auseinandersetzung um die Natur der inneren Entwicklung der Wissenschaften. Kuhn argumentiert für ein antirealistisches Bild der wissenschaftlichen Gegenstände: sie seien nur im Kontext der Theorien zu betrachten, die sie beschrieben:

For example, the electron-scattering maxima that were later diagnosed as indices of electron wave length had no apparent significance when first observed and recorded. Before they became measures of anything, they had to be related to a theory that predicted the wave-like behavior of matter in motion. Kuhn (1996, S. 39)

Die Realität ist nach Kuhn stets von der Theorie abhängig, die sie beschreibt, eine Korrespondenz zwischen Gegenständen und einer externen Welt hält er für unhaltbar:

There is, I think, no theory-independent way to reconstruct phrases like ‘really there’; in the notion of a match between ontology of a theory and its “real” counterpart in nature now seems to me illusive in principle. (1996, S. 206)

Die die wissenschaftlichen Gegenstände beschreibenden Theorien sind in ein Paradigma ( $P$ ) eingebettet. Innerhalb eines Paradigmas entwickelt sich eine „Normale Wissenschaft“ (Kuhn, 1996, S. 10ff), die Annahmen bezüglich der Existenz und der Eigenschaften der postulierten Entitäten generiert. Häufen sich jedoch die Anomalien und nicht-beschreibbaren Phänomene, so kann ein Wechsel des Paradigmas erfolgen, Kuhn spricht von einer wissenschaftlichen Revolution „by a relatively sudden and unstructured event like the gestalt switch. Scientists often then speak of the ‘scales falling from there eyes’ [...]“ (1996, S. 122). Leaheys (1987) Modell von Kuhns Paradigmenwechsel und der zyklischen Natur der Wissenschaften ist in Abbildung 2.3 dargestellt. Das wesentliche Merkmal einer sol-

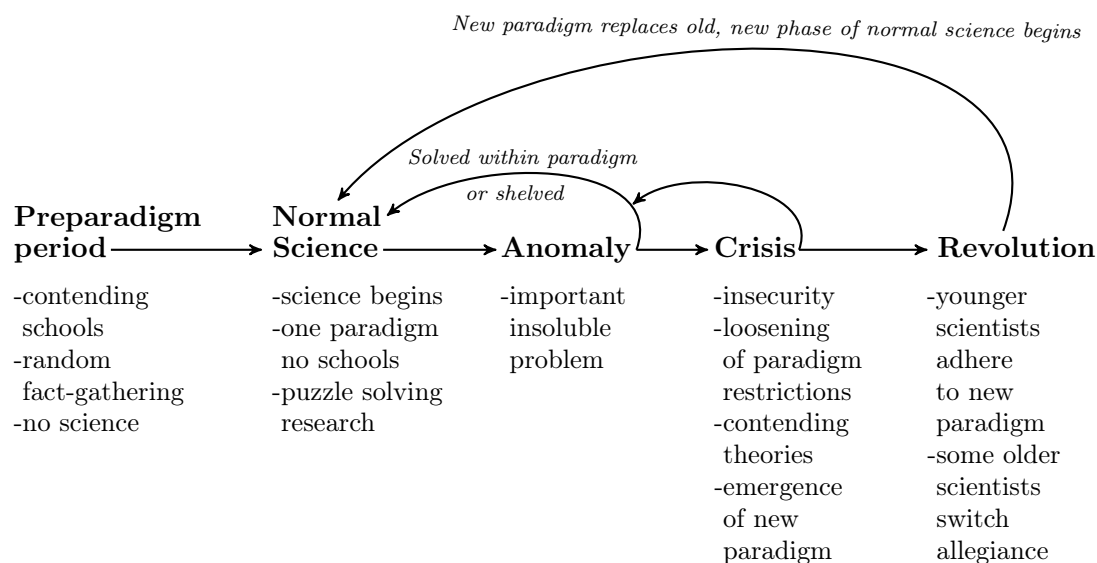


Abbildung 2.3: Modell des Kuhn'schen Paradigmenwechsels und der zyklischen Natur der Wissenschaft. Abbildung übernommen aus Leahey (1987, S. 16).

chen Revolution ist die Inkommensurabilität von Theorien unterschiedlicher Paradigmen  $P_{alt}$  und  $P_{neu}$ . Die Begriffe einer Theorie aus  $P_{alt}$  reichen nicht aus, um eine Theorie aus  $P_{neu}$  vollständig zu formulieren (Hoyningen-Huene, 2002, S. 65). Paradigmen sind nach Kuhn weder vergleichbar, noch besitzen sie unterschiedlichen Wahrheitsgehalt:

We may, to be more precise, have to relinquish the notion, explicit or implicit, that changes of paradigm carry scientists and those who learn from them closer and closer to the truth. (Kuhn, 1996, S. 170)

In der Neuausgabe von „The structure of scientific revolutions“ (1970) versucht Kuhn das wissenschaftliche Paradigma durch die schwächeren Begriffe „disciplinary matrix“ oder „exemplar“ zu ersetzen und führt an: „I'm not sure I would use the term paradigm in such a wide sense any more“ (Kuhn, 1996, S. 176).

Der Ansatz von Kuhn ist im wissenschaftstheoretischen Diskurs dem Angriff des Relativismus und der Beliebigkeit ausgesetzt (u. a. von Popper, 1970); Weinberg (1998, S. 51) heißt seine Ansichten einen „radikalen Skeptizismus“.

Kuhn selbst hat sich gegen den Vorwurf der Beliebigkeit stets gewehrt und betont: „I cannot see that the relativist loses anything needed to account for the nature and development of the sciences.“ (1996, S. 207). Die Stärke der empirischen Prädiktion würde unabhängig von der Frage nach der Konvergenz zur Wahrheit die Beurteilung einer Theorie zulassen.

### Feyerabends anarchistische Erkenntnistheorie

Ebenfalls dem relativistischen Lager zuzuordnen ist der „wissenschaftliche Anarchismus“ von Paul Feyerabend. Der Schüler Poppers ist anfangs stark vom kritischen Rationalismus geprägt, just jener Philosophie, die später im Zentrum seiner Kritik stehen wird. In „Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge“ heißt er die wissenschaftliche Methode der Falsifikation eine Möglichkeit von vielen, was mit dem vielzitierten Slogan „anything goes“ zum Ausdruck gebracht wird (Feyerabend, 1975, S. 23). Folgt man Hoyningen-Huene (1997, S. 5), so realisiert Feyerabend, „wie groß die Diskrepanz zwischen abstrakten normativen Überlegungen über Wissenschaft, inklusive seiner bisherigen eigenen, und der tatsächlichen komplexen und je nach Situation andersgearteten wissenschaftlichen Praxis war“.

Die Nicht-Festlegung auf definierte und starre Methoden ist für Feyerabend ein Charakteristikum der Wissenschaftsgeschichte. Gerade die Antithese sei es, die die Wissenschaft voran bringe:

For example, we may use hypotheses that contradict well-confirmed theories and/ or well-established experimental results. We may advance science by proceeding counter-inductively. (Feyerabend, 1975, S. 20)

Die relativistische Ansicht der Methode schließt eine generell antirealistische Sicht der Wissenschaft ein:

[...] facts alone are not strong enough for making us accept, or reject, scientific theories, the range they leave to thought is *too wide*; logic and methodology eliminate too much, they are *too narrow*. In between these two extremes lies the ever-changing domain of human ideas and wishes. (Feyerabend, 1975, S. 303)

Wie im Ansatz von Kuhn zu finden, hält Feyerabend Theorien ebenfalls für inkommensurabel, doch ist dies für ihn lediglich eine Eigenschaft umfassender Theorien (siehe dazu Hoyningen-Huene, 2002, S. 67).

Die relativistischen, stark antirealistischen Ansichten von Kuhn und Feyerabend stoßen zwar in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts lebhaft Debatten in der Wissenschaftstheorie an, dennoch haben ihre Ansätze in der Folge deutlich stärkeren Einfluss auf die Soziologie und Geschichte der Wissenschaften als auf die Wissenschaftstheorie (Nola, 1988, S. 2).

## 2.5 Die Realismus-Debatte in der Didaktik der Naturwissenschaften

Neben der philosophischen Debatte über die Frage nach der Interpretation wissenschaftlicher Erkenntnis herrscht auch in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung Uneinigkeit

über geeignete Ansätze, wissenschaftstheoretische Aspekte in den Unterricht zu implementieren. Dies betrifft vor allem die Art der Vermittlung. Das unter anderem von Clement (2000) und Koponen (2007) vertretene Konzept „Model-based View“ (MBV), welches einen praxisnahen Ansatz des Unterrichtens verfolgt, baut auf einer minimal-realistischen Sicht auf die Welt auf:

Physics does not require strong realist interpretations; more important than truth is the *empirical reliability* of knowledge. The empirical reliability of models (or theories) requires only that they produce empirically successful predictions and that the reliability is established in a methodologically accepted way. (Koponen, 2007, S. 761)

Das philosophische Gerüst des MBV wird von den meisten Vertretern aus der semantischen Betrachtung wissenschaftlicher Theorien bezogen, als wesentliche Einflüsse gelten die Ansätze von Suppes, van Fraassen und Giere (vgl. Koponen, 2007, S. 752).

Andere Autoren, wie etwa Driver, Asoko, Leach, Scott und Mortimer (1994), argumentieren für einen stark konstruktivistisch geprägten Zugang zu wissenschaftlichem Wissen: „The objects of science are not the phenomena of nature but constructs that are advanced by the scientific community to interpret nature“ (S. 5). Ihrer Meinung nach sollte der Konstruktivismus nicht allein auf die Lerntheorie angewandt werden, sondern vielmehr auch auf die wissenschaftlichen Inhalte. Ziel des Ansatzes ist es, eine kritische Perspektive auf die Wissenschaft zu generieren (1994, S. 11). Den starken Konstruktivismus versuchen Driver et al. mit einer realistischen Ontologie zu verbinden.

Nola (1997) greift diese Erkenntnistheorie an, da sie auf der einen Seite durch eine konstruktivistische Epistemologie geprägt ist, aber zugleich auf der Annahme einer externen Realität basiert. Nach Nola schließt die Problematik, Erkenntnisse über nicht-beobachtbare Gegenstände didaktisch zu vermitteln, den Aspekt der Bedeutsamkeit wissenschaftlicher Entdeckungen ein: „On this aspect of teaching constructivism must remain silent“ (1997, S. 81).

Auch Matthews (1993, 2002) macht auf die Problematik eines konstruktivistischen oder relativistischen Zugangs zu wissenschaftlichem Wissen aufmerksam:

Such relativism and personal empiricism is contrary to the critical pedagogy that constructivism is striving to encourage: if merely making sense is the goal of human understanding, then the interplay of ideas and the examination of beliefs can be easily cut short prematurely with the exclamation “it makes perfect sense to me”. (Matthews, 1993, S. 369)

Anstelle einer generellen philosophischen Ansicht bezüglich aller wissenschaftlichen Gegenstände fordert Scerri (2000b) eine partikuläre Sicht auf einzelne Gegenstände, wie etwa auf das chemische Konzept der Atom- und Molekülorbitale. Obwohl die Orbitaltheorie der Chemie in der Quantenphysik keine direkte Referenz aufweist (ausgenommen das Wasserstoffatom), können Orbitale jedoch in der chemischen Betrachtung durchaus paradigma-

tisch existent sein (S. 523).

Ähnlich argumentieren Nola und Irzik (2005), wenn sie auf die Möglichkeit hinweisen, Modelle und Theorien eng an eine externe, zu beschreibende Welt zu binden:

[...] it is perfectly possible to adopt a realist position with respect to theoretical models in science and that there is no need to refuge in sceptical or narrowly empiristic positions. (Nola & Irzik, 2005, S. 317)

Die Frage nach einer realistischen oder antirealistischen Interpretation der Wissenschaften ist in der Didaktik der Naturwissenschaft umstritten. Eflin, Glennan und Reisch (1999) argumentieren aus einer wissenschaftstheoretischen Perspektive für eine Differenzierung allgemeiner fachdidaktischer NOS-Aspekte in Konsens- und Dissensbereiche. Dabei kategorisieren sie die folgenden beiden Aussagen als in der Wissenschaftstheorie stark umstritten:

- The Generation of Scientific Knowledge Depends on Theoretical Commitments and Social and Historical Factors.
- The Truth of Scientific Theories Is Determined by Features of the World Which Exist Independently of the Scientist. (Eflin et al., 1999, S. 109f)

Beide von Eflin et al. genannten Punkte spiegeln den Disput zwischen wissenschaftlich realistischer und antirealistischer Einstellung wider. Lederman (2007, S. 832) schließt sich dieser Sichtweise an: „The issue of the existence of an objective reality as compared with phenomenal realities is a case in point“.

Für die Vermittlung von NOS im Schulunterricht spielen nach Elby und Hammer (2001) nicht nur wissenschaftstheoretisch korrekte Ansichten eine Rolle. Ein grundlegendes Anliegen der Autoren ist es, epistemologische Einstellungen nicht lediglich als richtig oder falsch zu betrachten, sondern vielmehr deren Produktivität in den Vordergrund zu stellen:

Naïve realism, although incorrect (according to a broad consensus of philosophers and social scientists), may nonetheless be productive for helping those students learn. (Elby & Hammer, 2001, S. 554)

Elby und Hammer teilen in ihrer Analyse die bekannten fachdidaktischen Streitpunkte um adäquate wissenschaftstheoretische Einstellungen in zwei Aspekte: Auf der einen Seite betrachten sie die unterrichtspraktische Produktivität solcher Einstellungen, auf der anderen Seite die Adäquatheit im wissenschaftstheoretischen Sinn. Demnach können Überzeugungen bezüglich des vermittelten Inhaltes (also das Wissen *über* Wissenschaft) eine lernfördernde oder lernhemmende Wirkung entfalten.

## 2.6 Empirische Erfassung wissenschaftstheoretischer Positionen

Philosophische Positionen sind als holistische Ansätze zu verstehen. Thesen, Zusammenhänge und Begründungen stehen nebeneinander und können ein geschlossenes System bil-

den, in dem Argumente nur Sinn ergeben, wenn sie auf definierten Axiomen und Annahmen aufgebaut werden. Wissenschaftstheoretische Ansichten als umfassende Theorien können mit Feyerabend (1975, Appendix II) als inkommensurabel und somit in ihrer Gesamtheit als nicht vergleichbar angenommen werden. Auch in der Geschichte der Philosophie werden vielmehr Kategorien („Schulen“) bei der Beschreibung und Subsumierung unterschiedlicher Positionen genutzt.

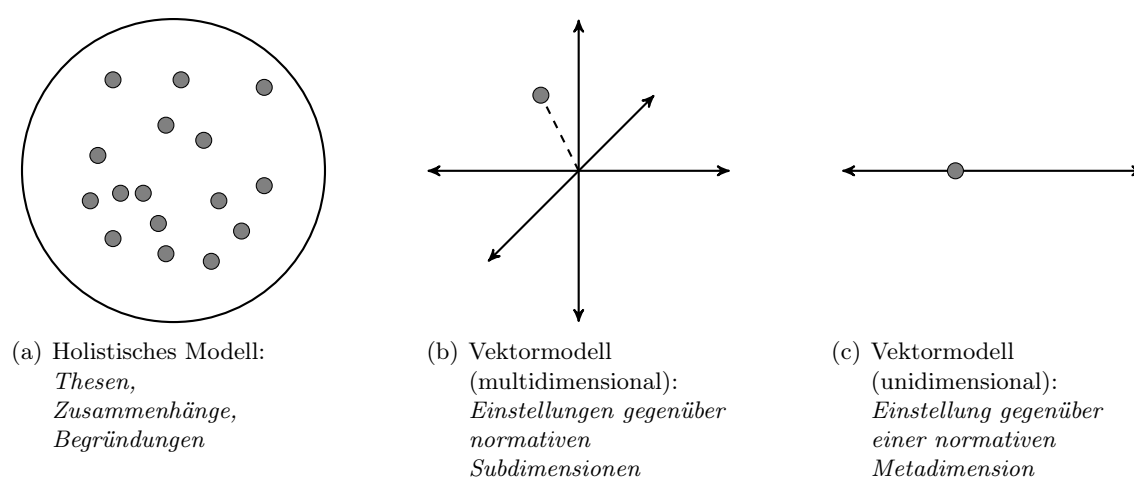


Abbildung 2.4: Modellierungen wissenschaftstheoretischer Einstellungen.

In Abbildung 2.4 sind unterschiedliche Modellierungs- und somit Abstraktionsgrade wissenschaftstheoretischer Positionen dargestellt. Jedem Modell obliegt zunächst stets eine Reduktion von Phänomenen. Im holistischen Modell in Abbildung (a) symbolisieren die Punkte empirisch erfassbare Thesen und Begründungszusammenhänge, die in ihrer Kombination eine Position bilden. Dieses Modell findet häufig in der qualitativen Forschung Anwendung, insbesondere bei einer explorativen Vorgehensweise, wenn die Aspekte eines Modells nicht theoretisch abgeleitet werden können oder explizit empirisch erfasst werden sollen.

Für eine quantitative empirische Erfassung bieten sich verschiedene formale Modelle an, die durch gerichtete Fragen Werte für bestimmte Aspekte zu erfassen suchen (Rost, 1996, S. 27f). Die Subdimensionen der wissenschaftstheoretischen Position können theoretisch abgeleitet werden. Dies sind beispielsweise Ansichten zur Stärke soziokultureller Einflüsse, der Kontinuität des wissenschaftlichen Fortschritts, der wissenschaftlichen Methode usw. Das Vektormodell (b) zeigt die normative Auflösung einer Position in die Subdimensionen. Die Anzahl der Dimensionen ist lediglich durch die Forschungsfragen und -ziele bedingt. Im Vektormodell sind zwar mathematisch alle Kombinationen von Ansichten vorstellbar, praktisch allerdings schließen sich eine Vielzahl von Kombinationen gegenseitig aus, die nicht logisch stringent gedacht werden können: Die Ablehnung eines soziokulturellen Einflusses

auf die Wissenschaften kann nicht mit der Akzeptanz von intentionaler – also ziel- oder anwendungsgeleiteter – Forschung einhergehen. Wohl aber kann der Grad der Akzeptanz solcher Aussagen lokal unabhängig voneinander sein.

Unter der Annahme mehr oder minder starker Korrelationen wissenschaftstheoretischer Subdimensionen können die einzelnen Dimensionen immer weiter aufeinander projiziert werden: Die Projektion der Subdimensionen ist bis hin zum unidimensionalen Modell hin möglich. Im Vektormodell (c) ist dies die Dimension „wissenschaftlicher Realismus“, die sich aus unterschiedlichen wissenschaftstheoretischen Subdimensionen zusammensetzt (siehe Abschnitt 2.1).

Ein Vergleich von Vor- und Nachteilen von Projektion (Reduktion) und Separation (Aufspaltung) von Dimensionen ist in Tabelle 2.5 aufgeführt.

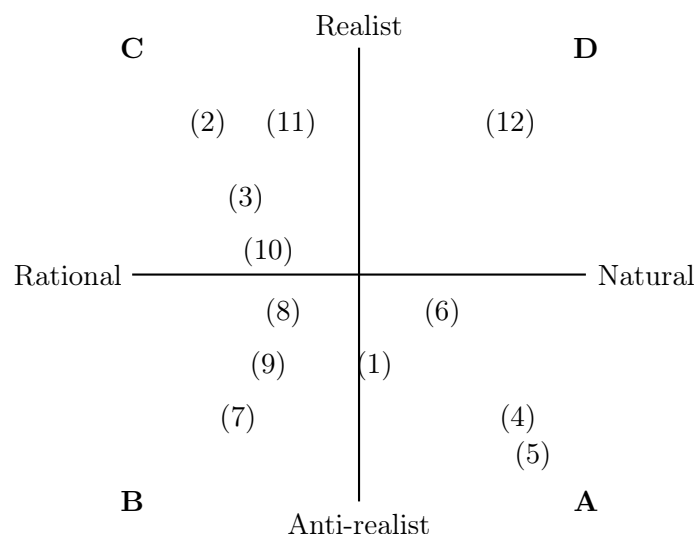
Tabelle 2.5: Separation und Projektion von wissenschaftstheoretischen Dimensionen.

Anzahl der Dimensionen	Aufklärung der Positionen	Aufklärung der Varianz	Interne Konsistenz
niedrig (–)	gröber (–)	höher (+)	höher (+)
hoch (+)	feiner (+)	geringer (–)	geringer (–)

### **Lovings *Scientific Theory Profile***

Der Ansatz des *Scientific Theory Profile* von Loving (1991) kann als Kompromiss zwischen Separation und Projektion angesehen werden. Sie untersucht die Positionen von angesehenen Wissenschaftstheoretikern in Bezug auf zwei wichtige wissenschaftstheoretische Dimensionen, „theory’s truth“ (*realist* versus *anti-realist*) und „theory’s judgement“ (*rational* versus *natural*). Damit wird der Versuch unternommen, für die auf die Skalen projizierten Aspekte den jeweiligen Grad der Zustimmung („degrees of commitment“, 1991, S. 3) von Wissenschaftstheoretikern aus deren literarischem Werk zu ermitteln (siehe Abbildung 2.5). Zunächst analysiert Loving mit (1) Kuhn, (2) Hempel und (3) Popper drei Philosophen, die sie als Ankerpositionen setzt. Anschließend werden weitere Autoren relativ zu den Ankern positioniert. Lovings Intention ist die Nutzung des Modells im Kontext der Ausbildung von Lehrkräften, um eine Reflexion über wissenschaftstheoretische Inhalte zu erreichen. Die qualitative Beurteilung der Positionen kann lediglich relative Unterschiede sichtbar machen und ist keinesfalls metrisch zu interpretieren (Loving, 1991, S. 5).

Die Projektion aller Positionen auf die beiden zentralen Variablen hat zur Folge, dass im Detail unterschiedliche Positionen ein gemeinsames Maß an wissenschaftlichem Realismus – relativ zu einer dritten Position – teilen können. Die Herangehensweise, Positionen nicht zu



Key:

- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| (1) Thomas Kuhn             | (7) Stephen Toulmin |
| (2) Carl Hempel             | (8) Dudley Shapere  |
| (3) Sir Karl Popper         | (9) Larry Laudan    |
| (4) Sociologists of Science | (10) Imre Lakatos   |
| (5) Paul Feyerabend         | (11) Clark Glymour  |
| (6) Gerald Holton           | (12) Ronald Giere   |

**x-axis** = judgment (theory's value); **y-axis** = representation (theory's truth)

Abbildung 2.5: *Scientific Theory Profile* als zweidimensionales Vektormodell. Neben den drei Ankerpositionen (Kuhn, Hempel, Popper) sind neun weitere Wissenschaftstheoretiker positioniert (Loving, 1991, S. 8).

kategorisieren, sondern vielmehr in einem Spektrum fließende Übergänge abzubilden, hat gegenüber einer kategorialen Einordnung deutliche empirische Vorteile. Die kontinuierliche Skala ermöglicht multiple Regressionen zur Aufklärung der Varianz, theoretisch abgeleitete Einflussvariablen können auf ihr Gewicht hin überprüft werden.

## Zusammenfassung

Wissenschaftlicher Realismus und Antirealismus sind Grundpositionen von Theorien über Wissenschaft. Wissenschaftstheoretische Positionen setzen sich aus mehr oder minder realistischen Einstellungen gegenüber unterschiedlichen Gegenstandsbereichen (Theorien, Entitäten) der Wissenschaften zusammen. Realistische Einstellungen sind gekennzeichnet durch die Annahme einer bewusstseinsunabhängigen, durch Wissenschaft beschreibbaren Außenwelt. Antirealistische Positionen verneinen absolute Wahrheit und stellen die Subjektivität der Erkenntnis in den Vordergrund. Durch Wahrheitskriterien können unterschied-



liche wissenschaftstheoretische Positionen kategorisiert werden.

In der Didaktik der Naturwissenschaft ist die Realismus-Debatte in den letzten Jahren immer stärker ins Zentrum gerückt. Es werden sowohl realistische als auch konstruktivistische Ansätze in der Literatur vertreten. Zwei Punkte können jedoch als übergreifender Kompromiss festgehalten werden:

- (a) Wissenschaftliche Theorien und ihre Gegenstände referieren in irgendeiner Weise mit einer externen, bewusstseinsunabhängigen Welt.
- (b) Theorien sind zwar menschliche Konstrukte, aber nicht beliebig. Empirische Evidenz ist vonnöten, um Annahmen zu stützen oder zu verwerfen.

Im nächsten Kapitel wird mit der Einführung des Begriffs „Denkstil“ der Versuch unternommen, die Divergenz wissenschaftstheoretischer Einstellungen hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Disziplinen Chemie und Physik aufzuzeigen.

## 3 Denkstile und Denkkollektive

### 3.1 Ludwik Flecks Theorie der wissenschaftlichen Tatsachen

Im Jahre 1935 veröffentlicht der Bakteriologe und Wissenschaftstheoretiker Ludwik Fleck das Werk „Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache“ (1980), in dem er seine Ideen zur Begriffsgeschichte der Syphilis auf die allgemeine Wissenschaftstheorie überträgt. Die zentrale These Flecks ist die Emergenz und Reformation von Denkstilen als mittelnde Faktoren zwischen Subjekt („Erkennendem“) und Objekt („Zu-Erkennendem“). Eine schematische Skizze von Flecks Ideen ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

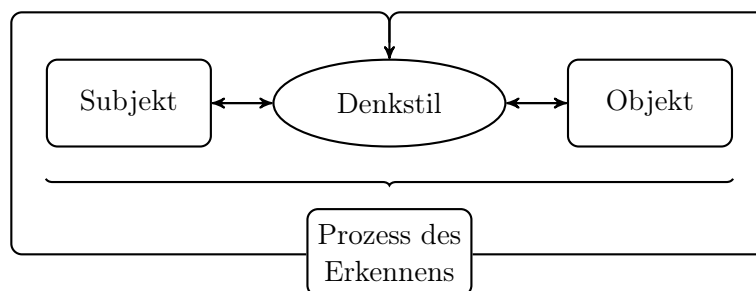


Abbildung 3.1: Modell der Erkenntnistheorie von Fleck (1980): Denkstile als mittelnder Faktor der Interaktion von Subjekt und Objekt. Im Kontext des Denkstils ergeben sich Sinnbeziehungen, die wiederum Einfluss auf den Denkstil ausüben.

Nach Fleck ist die Wahrnehmung der Welt nicht „Prozeß eines theoretischen »Bewußtseins überhaupt«“ (1980, S. 54). Sinnbeziehungen ergeben sich demnach erst im Kontext des Denkstils. Denkstile sind von ihrer Geschichte geprägt und werden in der Gegenwart verändert. Bestimmte Grundsätze eines Denkstils bilden das Fundament für die Akzeptanz einer wissenschaftlichen Tatsache; diese Tatsachen wiederum üben Einfluss auf die Axiome des Denkstils aus. Der Denkstil wird innerhalb einer Gemeinschaft – dem „Denkkollektiv“ – entwickelt:

Definieren wir »Denkkollektiv« als *Gemeinschaft der Menschen, die im Gedankenaustausch oder in gedanklicher Wechselwirkung stehen, so besitzen wir in ihm den Träger geschichtlicher Entwicklung eines*

*Denkgebietes, eines bestimmten Wissensbestandes und Kulturstandes, also eines besonderen Denkstiles.*  
(Fleck, 1980, S. 54f)

Das Individuum als Subjekt ist in seinem Erkennen stets vom Denkstil der sozialen Gruppe beeinflusst. Jedes Erkennen wiederum beeinflusst in unterschiedlicher Stärke den Denkstil des Kollektivs.

Im Gegensatz zu individuellen wissenschaftstheoretischen Einstellungen bezieht sich der Begriff des Denkstils auf axiomatische Übereinkünfte innerhalb einer Gemeinde von Forschenden einer wissenschaftlichen Disziplin. Denkstile unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen wiederum sind ebenfalls nicht disjunkt und daher mehr oder minder ähnlich.

Fleck wird heute als „Vorläufer der Normalität“ gesehen (E. O. Graf & Mutter, 2000, S. 287). Seine Arbeiten bleiben mehr als ein Vierteljahrhundert wenig beachtet, bis Kuhn (1996) den Ansatz der Denkstile übernimmt und Flecks These der reformatorischen Entwicklung der Wissenschaft in ein paradigmatisches, revolutionäres Modell wandelt (siehe Kapitel 2.4).

Da der Denkstil Flecks keine individuelle, sondern vielmehr Eigenschaft eines Denkkollektivs ist, bezieht Hacking den Begriff auf wissenschaftliche Forschungsbereiche (1992b, S. 3). Sein Begriff des „Style of Reasoning“ baut wesentlich auf der Idee von Flecks Denkstilen auf (Hacking, 1992a). Evidenz und Sinnbeziehungen beeinflussen sich wie im Erkenntnismodell von Fleck gegenseitig, doch erweitert Hacking den Ansatz um eine Wahrheitsdimension („truthhood“):

There is no prior truth, deeper, original, independent of the style of reason, dwelling in the very interstices of the world, and which is discovered by reasoning (“correctly”) according to some style. Nor do we discover the styles that then enable us to unearth and finally state the hitherto unstatable but pre-existing truth. The truth-or-falsehood and the style grow together. (Hacking, 1992a, S. 135)

Hackings Argumentation folgt dabei dem Ansatz von Schlick, der Wahrheit und Erkenntnis verbindet: „The meaning of a proposition is the method of its verification“ (Schlick, 1936, S. 341). Während Schlick jedoch die Wahrheit aller Aussagen auf die Methoden zurückführt, unter denen sie gewonnen werden, überträgt Hacking das Konzept auf den Begriff des „Style of Reasoning“: „It does not determine the standard of truth. It is the standard“ (Hacking, 1992a, S. 135).

Die Ideen von Fleck und die Erweiterungen durch Hacking führen in der Fachdidaktik der Naturwissenschaft zu der Frage, in welcher Hinsicht sich Lehrkräfte unterschiedlicher Disziplinen in ihren Ansichten über Wahrheit und Begründung unterscheiden. Im nächsten Abschnitt stehen Denkstile als Strategien der Fachwissenschaften im Vordergrund, bevor schließlich in Abschnitt 3.3 theoretische und empirische Arbeiten zu Unterschieden epistemologischer Ansichten von Lehrkräften mit den Fächern Chemie und Physik besprochen werden.

### 3.2 Denkstile als Strategien an den Beispielen Chemie und Physik

Es sind einige theoretische Vorarbeiten geleistet worden, die das Konstrukt der wissenschaftlichen Denkstile auf die naturwissenschaftlichen Disziplinen anwenden (Bensaude-Vincent, 2009; Crombie, 1994; Scerri, 2000c). Der Schwerpunkt liegt dabei vor allem auf der Chemie. In den letzten drei Dekaden sind die philosophischen Grundlagen dieser Disziplin verstärkt untersucht worden<sup>6</sup>. Die Philosophie der Chemie, lange im Schatten der dominanten Physik unbeachtet geblieben, erlebt heute eine Geburt als eigenständiger Bereich der Wissenschaftstheorie (vgl. Psarros, Ruthenberg & Schummer, 1996; Schummer, 1997; van Brakel, 2000) sowie als Grundlage für die Chemiedidaktik (Erduran, 2001; Scerri, 2001).

Bensaude-Vincent (2009) charakterisiert den Denkstil der Chemiker als wesentlich auf die Phänomenologie des Materials fokussiert:

- (1) a specific way of knowing through making,
- (2) the concern with individual materials rather than matter in general,
- (3) a specific commitment to nature. (Bensaude-Vincent, 2009, S. 365)

Wesentliche Merkmale des Denkstils in der Chemie sind das „Domestizieren von Molekülen“ (Bensaude-Vincent, 2008, S. 51, Ü. d. A.) und das Streben nach der Wahrheit im Sinne der „adequatio rei et intellectus“<sup>7</sup> (2008, S. 52).

Diese Einstellungen reichen weit zurück. Duncan (1988) vermerkt dazu in einer historischen Analyse der Beschreibung chemischer Reaktionen:

Another philosophical doctrine which chemists felt themselves obliged to adopt in the late seventeenth century and the early eighteenth century was the mechanical philosophy, according to which the visible workings of nature were to be explained in terms of the behaviour of invisibly small particles. (Duncan, 1988, S. 448)

In den Arbeiten von Fleck und Hacking wird der Einfluss des Denkstils auf die Interpretation von Theorien untersucht. Eine entgegengesetzte Perspektive nimmt Eisvogel (1994) ein. Er stellt nicht den Einfluss eines Denkstils auf die Interpretationen von Theorien in den Vordergrund, sondern vielmehr den Einfluss der Theorien auf den Denkstil. Evidenz für diese These bezieht er aus den unterschiedlichen Möglichkeiten der chemisch-physikalischen Beschreibung von Gasen durch Zustandsgleichungen. Dabei stellt er fest, dass etwa die Nutzung der Van-der-Waals-Gleichung mit einer eher realistischen Interpretation der Natur einhergeht. Die eingeschlossenen Variablen der Zustandsgleichung referieren auf makrosko-

---

<sup>6</sup>Eine Bibliographie der aufkommenden Philosophie der Chemie findet sich bei Scerri (1997).

<sup>7</sup>„adequatio rei et intellectus“ (Übereinstimmung von Sache und Verstand) ist die Formulierung der Korrespondenztheorie der Wahrheit von Thomas von Aquin. Siehe dazu David (2009) und Abschnitt 2.2.

pische und submikroskopische Entitäten (1994, S. 85):

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} \quad (3.1)$$

Der Van-der-Waals-Gleichung liegt ein „molekulartheoretisches Fundament“ zugrunde (1994, S. 85). Erst die Annahme kugelförmiger Moleküle ermöglicht eine Berechnung der Attraktionskräfte zwischen den Teilchen, weil Druck und Volumen hinsichtlich des Eigenvolumenanteils der Teilchen reduziert wird. Die Van-der-Waals-Konstanten  $a$  und  $b$  beschreiben diese Druck- und Volumenkorrektur. Mit der Temperatur  $T$  und dem Volumen  $V$  sind außerdem zwei makroskopische, direkt messbare Größen in der Gleichung vorhanden. Weiterhin beinhaltet sie mit  $R$  die universelle Gaskonstante als Produkt von Avogadro-Konstante  $N_A$  und Boltzmann-Konstante  $k_b$ .

Damit schlägt die Van-der-Waals-Gleichung „eine Brücke zwischen den Ziffern und Zeigerständen auf Meßgeräten und einer Theorie über den Aufbau der Materie“ (Eisvogel, 1994, S. 88). Die Begriffe werden nach Eisvogel erst in einem „molekulartheoretischen Zusammenhang“ bedeutsam. Daher kann die Van-der-Waals-Gleichung eine „realistische naturwissenschaftliche Theorie“ genannt werden (1994, S. 91).

Eine andere Zustandsgleichung ist die Virialgleichung:

$$pV = A + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^4} + \frac{E}{V^6} + \frac{F}{V^8} + \dots \quad (3.2)$$

mit den von der Temperatur abhängigen Virialkoeffizienten  $A, B, C, \dots$

$$B = b_1 + \frac{b_2}{T} + \frac{b_3}{T^2} + \frac{b_4}{T^4} + \frac{b_5}{T^6} \dots \quad (3.3)$$

Mit der Virialgleichung können reale Gase exakter beschrieben werden als mit der Van-der-Waals-Gleichung. Wesentlicher Unterschied ist jedoch die Anschaubarkeit der Variablen. Während mit  $T$  und  $V$  direkt beobachtbare Variablen beschrieben werden, sind mit  $T^6$  oder  $V^4$  lediglich theoretisch-mathematische Konstrukte in der Gleichung vorhanden. Die Koeffizienten haben keine direkte physikalische Bedeutung. Nach Eisvogel (1994, S. 92) kann die Virialgleichung sowohl als „Teilcheneffekt“ oder in einer „Kontinuumstheorie“ gedeutet werden. Zusammenfassend stellt er fest:

Eine instrumentelle oder realistische Auffassung der Theorie gehört damit [...] zu ihrer Gebrauchsanweisung. (Eisvogel, 1994, S. 93)

Verbindet man die Ansätze von Bensaude-Vincent und Eisvogel, so kann man zu dem Schluss kommen, dass die Fokussierung auf das Material und das molekulartheoretische Fundament der Chemie mit einer realistischen Interpretation von Theorien einhergeht, die

etwa der Putnam-Boyd-Formulierung des wissenschaftlichen Realismus entspricht (siehe Kapitel 2.2).

Scerri (2000c) hebt besonders den strategischen Aspekt des realistischen Denkens in der Chemie hervor. Bezüglich chemischer Modelle, wie der Hybridisierung oder der Elektronenkonfiguration, bemerkt Scerri: „[...] from the point of view of physics, they are strictly incorrect or, philosophically speaking, are nonreferring terms“ (2000c, S. 51).

Die angenäherten Modelle der Chemie müssen jedoch nicht verbannt werden, wenn sie nicht auf die Quantenmechanik abgeleitet werden können. Die Autonomie der Chemie als eigenständige Wissenschaft steht im Zentrum von Scerri's Überlegungen. Obwohl nicht völlig unabhängig von physikalischen Grundlagen, können Modelle wie Molekülorbitale als chemische Entitäten gedeutet werden, weil sie eine große Erklärungsmacht bezüglich der beobachteten Phänomene besitzen. In diesem Sinne können sie realistisch interpretiert werden (Scerri, 2000c, S. 52). Für die Interpretation chemischer Theorien ist ein gewisses Maß an realistischer Sichtweise von Vorteil:

[...] the best strategy for the chemist to adopt lies in what I call the intermediate position between reduction and varying degrees of realism. (Scerri, 2000c, S. 66)

Die Physik ist bisher nur in wenigen Veröffentlichungen in Zusammenhang mit dem Denkstil analysiert worden. Das liegt vor allem daran, dass sich das Themengebiet der Physik deutlich weiter erstreckt als das der Chemie. Weiterhin gilt vielen Forschenden der Wissenschaftstheorie die Physik als die dominante und allgemeine Wissenschaft ihrer Disziplin (vgl. Weisberg, 2006, S. 603). Die Philosophie der Wissenschaften ist bis Anfang des 20. Jahrhunderts mehr oder minder Philosophie der Physik. Aber auch heute orientiert sich die Wissenschaftstheorie vor allem an der Physik.

Die Unterschiede der beiden wissenschaftlichen Disziplinen Chemie und Physik werden von Bunge wie folgt beschrieben:

Physics handles impure substances with pure methods; chemistry handles pure substances with impure methods [...] (Bunge, 1982, S. 216)

In der klassischen Mechanik wie auch in der Relativitätstheorie sind die Entitäten im Sinne von Eisvogel (1994) nicht notwendigerweise realistisch zu interpretieren. Lediglich die Quantenmechanik baut auf der Annahme diskreter Entitäten auf. Ein weiterer Unterschied zur Chemie lässt sich historisch ableiten.

Während sich in der Chemie die Molekulartheorie seit der Einführung der Massenerhaltung und der Stöchiometrie von Antoine Lavoisier Ende des 18. Jahrhunderts mit großem wissenschaftlichen und technischen Erfolg durchgesetzt hat (Hunter, 2000, S. 22f), spielt sie in der Physik eine eher geringere Rolle. Im letzten Jahrhundert kam es in der physikalischen Theoriebildung zu zwei bedeutenden Umbrüchen. Mit der Begründung der Speziellen

Relativitätstheorie durch die Arbeit „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ von Einstein (1905) wandelte sich die bis dahin universell vertretene Annahme eines absoluten Raumes und absoluter Zeit in eine relativistische, von Masse und Geschwindigkeit abhängige Raumzeit.

Bereits wenige Jahre später wird mit der Geburt der Quantenmechanik die Idee der unbegrenzten Messbarkeit physikalischer Systeme zugunsten einer statistischen Beschreibung aufgegeben. Dennoch bleibt die klassische Mechanik, obwohl nur Grenzfall der Relativitäts- und Quantentheorie, eine eigenständige Theorie, die bis heute in vielerlei Bereichen Anwendung findet.

### 3.3 Überlegungen zu den Denkstilen im Lehramtsstudium der Chemie und Physik in Deutschland

In Deutschland unterscheidet sich das Studium des Lehramtes in den Naturwissenschaften vom reinen Fachstudium in einigen Aspekten. Zunächst ist der fachliche Anteil im Lehramtsstudium geringer, da meist eine Kombination aus mehreren Fächern studiert wird. Weiterhin liegt ein Schwerpunkt auf dem Studium der Fachdidaktik und der Erziehungswissenschaft. Gerade die fachdidaktischen Aspekte der Naturwissenschaften sind eng an das Curriculum der Schule angelehnt, um eine möglichst starke Praxisorientierung zu erreichen.

Fachstudierende spezialisieren sich in der Regel bereits nach dem Grundstudium in bestimmten Fach- oder Forschungsbereichen, während Lehramtsstudierende zumeist weniger tief in das Studienfach eindringen.

In den „Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik“ der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (2006) wird für ein Studium *sui generis* plädiert. Dies soll unter anderem durch das stärkere Verständnis der Denk- und Begründungszusammenhänge erreicht werden. Gefordert wird u. a. eine

Eigenständige Theorievorlesung für Lehramtsstudierende (Gymnasium): Verständnis für die spezifische Rolle der Theorie im Aufbau der Physik, ihr gedankliches Arsenal an Arbeitsstrategien und Denkformen; Beherrschung ausgewählter Konzepte, Methoden und Denkweisen (Relevanz für Grund- und Leistungskurse in der Physik). (Deutsche Physikalische Gesellschaft, 2006, S. 13)

Es lassen sich einige Untersuchungen domänenspezifischer epistemologischer Einstellungen von naturwissenschaftlichen Lehrkräften finden. Topcu (2012) analysiert die Ansichten angehender Lehrkräfte der Physik, Chemie und Biologie in der Türkei bezüglich der wissenschaftstheoretischen Aspekte „certainty and simplicity of knowledge“, „justification for knowing“ und „source of knowledge“. Die Ergebnisse der *t*-Tests für die Differenzen von

angehenden Chemie- und Physiklehrkräften zeigen keine Signifikanz (siehe Tabelle 3.1). Einzig signifikant sind Unterschiede zwischen Biologie- und Chemie- bzw. Physiklehrkräften, doch auch hier zeigen sich lediglich sehr schwache Effekte (die größte Effektstärke beträgt Cohens  $d = .13$ ). Die Studie von Topcu zeigt, dass unter türkischen Lehramtstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer lediglich äußerst geringe Unterschiede in den epistemologischen Ansichten existieren.

Tabelle 3.1:  $t$ -Tests der Unterschiede epistemologischer Überzeugungen türkischer Lehramtstudierenden der Physik und Chemie nach Topcu (2012, S. 13).

Aspekt	T	$df$	$p$	$\Delta M$	$\Delta SD$
Certainty and simplicity of knowledge	-1.07	260	.28	-.02	.07
Justification for knowing: personal	.43	260	.66	.01	.19
Source of knowledge: authority	-.31	260	.75	-.01	-.20

In Deutschland finden sich keine Studien, die auf Fachunterschiede von Lehrkräften oder Lehramtstudierenden bezüglich des Konstruktes NOS fokussieren. Mit Thoermer und Sodian (2002) ist jedoch eine Studie verfügbar, die epistemologische Einstellungen von Fachstudierenden der Naturwissenschaften an deutschen Universitäten untersucht. Thoermer und Sodian nutzen dabei u. a. das „Nature of Science Interview“ von Sodian, Carey, Grosslight und Smith (1992). Das Sample setzt sich aus Studierenden und Promovierenden der drei Fächer Physik, Chemie und Biologie zusammen. Die Kategorisierung der Antworten findet auf den Levels 1 – *naiv* bis 5 – *adäquat* statt (siehe Tabelle 3.2). Die Ergebnisse zeigen, dass Physikstudierende und -promovierende auf höheren NOS-Levels zu finden sind. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit den theoretischen Überlegungen von Bensaude-Vincent und Scerri (siehe Abschnitt 3.2).

Tabelle 3.2: Ergebnisse des „Nature of Science Interview“ von Thoermer und Sodian (2002, S. 271).

	Biology	Chemistry	Physics	Overall
Undergraduates	2.20	2.29	3.07	2.57
Ph.D. students	2.35	3.00	3.85	3.05
Overall	2.27	2.72	3.40	2.82

Aus der bisherigen Datenlage können keine konkreten Schlüsse über das Vorhandensein fachspezifischer Denkstile von angehenden Lehrkräften der Chemie und Physik gezogen



werden. Aus den theoretischen Betrachtungen der letzten Abschnitte lassen sich jedoch Hypothesen für eine empirische Studie ableiten (siehe Kapitel 5).

## Zusammenfassung

Ludwik Fleck definiert wissenschaftliche Tatsachen als Aussagen, die im Spannungsfeld zwischen Denkstil der Disziplin und empirischer Evidenz anerkannt sind. Der Denkstil ist eine Eigenschaft des Denkkollektivs, das sich aus den Mitgliedern eines wissenschaftlichen Fach- oder Forschungsbereiches zusammensetzt. Sowohl Thomas Kuhn als auch Ian Hacking nehmen den Begriff ein halbes Jahrhundert später wieder auf; Kuhn wandelt die reformatorischen Aspekte in ein revolutionäres Modell von Wissenschaft, Hacking entwickelt daraus den „Style of Reasoning“.

Die Begriffe Denkstil sowie „Style of Reasoning“ finden in der gegenwärtigen Forschung Anwendung bei der Beschreibung von domänenspezifischen Ansichten. Theoretische Arbeiten unterstellen Chemikerinnen und Chemikern einen realistischen Denkstil, der sich eng an einer materiellen Vorstellung einer diskontinuierlichen Welt orientiert.

Im Lehramtsstudium in Deutschland ist das Studium des Inhaltswissens weniger ausgeprägt als bei einem reinen Fachstudium. Fachdidaktische Aspekte sind ebenfalls wichtiger Bestandteil des Studiums. Arbeiten, die epistemologische Einstellungen von Lehramtsstudierenden fokussieren, sind in Deutschland noch nicht durchgeführt worden. Allerdings zeigt eine Studie zu epistemologischen Ansichten unter deutschen Fachstudierenden Unterschiede bezüglich des fachlichen Hintergrundes Chemie und Physik.

Inwieweit angehende Lehrkräfte der beiden Fachrichtungen sich in ihren Ansichten unterscheiden, ist bisher kaum erforscht.

## 4 Modelle im wissenschaftstheoretischen und fachdidaktischen Kontext

Die Interpretation wissenschaftlicher Modelle ist Inhalt der wissenschaftstheoretischen Debatte. In der gegenwärtigen Forschung steht der Aspekt der Repräsentation von Modellen im Vordergrund (vgl. Bailer-Jones, 2003; Hughes, 1997; Knuuttila, 2005). Ebenfalls von Bedeutung ist das Thema Modelle in der fachdidaktischen Forschung, vor allem als Schnittstelle zwischen Inhaltswissen und wissenschaftstheoretischen Grundlagen. Nach Meinung vieler Forschenden der Fachdidaktik stellt der Umgang mit wissenschaftlichen Modellen und Modellierungen ein zentrales Element des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar (siehe z. B. Bindernagel & Eilks, 2008; Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Gilbert & Treagust, 2009; Justi & Gilbert, 2000, 2003; Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002).

Koponen (2007) macht insbesondere auf die Rolle von Modellen bei der Repräsentation von Ideen und Wissen als gewichtigen Aspekt für das Lehren und Lernen aufmerksam. Bei der Analyse von naturwissenschaftlichen Modellen darf deren didaktischer Zweck, d. h. die Aufgabe von Modellen, nicht außer Acht gelassen werden:

The role of models in providing explanations and predictions is perhaps the most common area where epistemological questions are explicitly discussed. (Koponen, 2007, S. 754)

### 4.1 Epistemologische Interpretation von Modellen

Der Weg zu einem Modell ist der Prozess der Modellierung. Dabei werden Entscheidungen hinsichtlich der Eigenschaften getroffen, deren Einfluss bezüglich des zu erklärenden Problems durch theoretische oder empirische Vorarbeiten als bedeutsam eingeschätzt werden. Dieser Prozess vom Phänomen zum Modell wird von der Abstraktion oder Idealisierung begleitet. Beide Begriffe sind in der Literatur nicht letztgültig definiert (vgl. Jones, 2005; Weisberg, 2007) und werden in dieser Arbeit deshalb nicht weiter differenziert. Ein wissenschaftstheoretisches Konzept von Modellen und Modellierungen der phänomenalen Welt, das in der Didaktik der Naturwissenschaften häufig genutzt wird, findet sich bei Nola (2004). In dem in Abbildung 4.1 dargestellten Ansatz definieren die theoretischen

Grundannahmen die möglichen Modelle  $M$  sowie die Art der empirischen Prüfung. Die Phänomene (*real world*) sind nur über die durch das Testverfahren beeinflussten Daten zugänglich (Nola, 2004, S. 385ff).

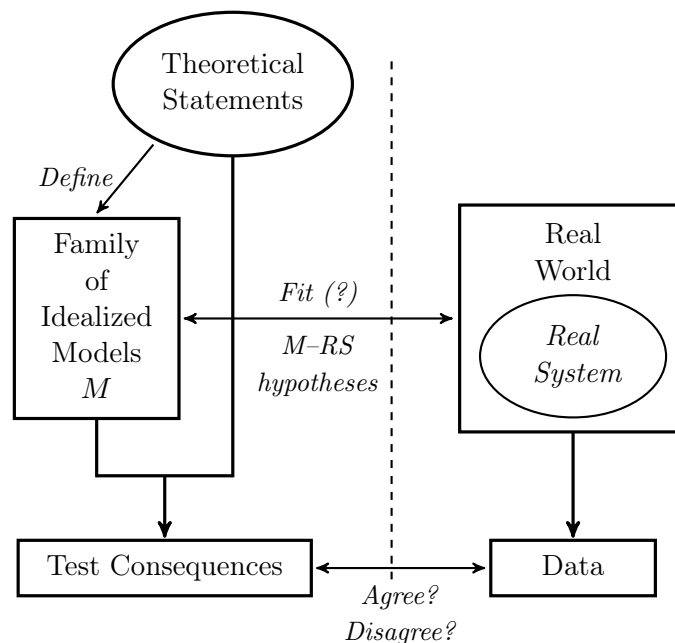


Abbildung 4.1: Zusammenhang von Theorien, Modellen ( $M$ ) und realen Systemen (RS) im konstruktiven Realismus nach Nola (2004, S. 386).

Dieses Konzept der Modellierung steht mehr oder minder für realistische und antirealistische Interpretationen offen. Die „reale Welt“ kann als phänomenale Welt betrachtet werden. Es gibt keinen Grund, die tatsächliche Existenz einer bewusstseinsunabhängigen Welt vorauszusetzen.

Der Aspekt der Modellierung in den Naturwissenschaften wird im Zuge der Realismus-Debatte in der Wissenschaftstheorie ebenfalls erörtert. Als wegweisende Arbeiten sind dabei Cartwright (1983) (antirealistisch) und McMullin (1985) (realistisch) zu nennen. Die beiden Arbeiten versuchen aufzuzeigen, dass die Interpretation wissenschaftlicher Modelle abhängig von grundlegenden epistemologischen Überzeugungen ist.

## 4.2 Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht

### Konstruktivistischer Zugang zu Modellen im Unterricht

Gilbert, Pietrocola, Zylbersztajn und Franco (2000, S. 21ff) untersuchen die Frage, in welcher Hinsicht wissenschaftlicher Realismus eine adäquate epistemologische Basis für den Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung ist. Zunächst erfolgt eine Abgrenzung zwischen wissenschaftstheoretischen Auffassungen von praktizierenden Wissenschaftlerinnen

sowie Wissenschaftlern und von Lehrkräften: „practising scientists tend to adopt a provisionally realist stance“ (2000, S. 23). Nach einer Analyse der Interpretationen von Modellen durch Thomas Kuhn, Nancy Nersessian und Mario Bunge kommen Gilbert, Pietrocola et al. zu folgendem Ergebnis:

We would argue that an acceptable version of constructivism for science education should entertain, at least, a weak version of realism. To fall short of this could lead to idealism by rejecting the existence of an independent external reality. (Gilbert, Pietrocola et al., 2000, S. 40)

Die Kombination einer konstruktivistischen Auffassung wissenschaftlicher Entwicklung und einer moderaten Version von Realismus sehen die Autoren als ein Kriterium für den Erfolg naturwissenschaftlicher Bildung an.

Im Ansatz von Giere (1994) werden Modelle als Mitglieder hierarchischer Modellfamilien verortet (siehe Abbildung 4.2). Im untersten Level V finden sich die konkreten physikalischen Modelle. Mit steigender Hierarchie wächst der Grad der Abstraktion.

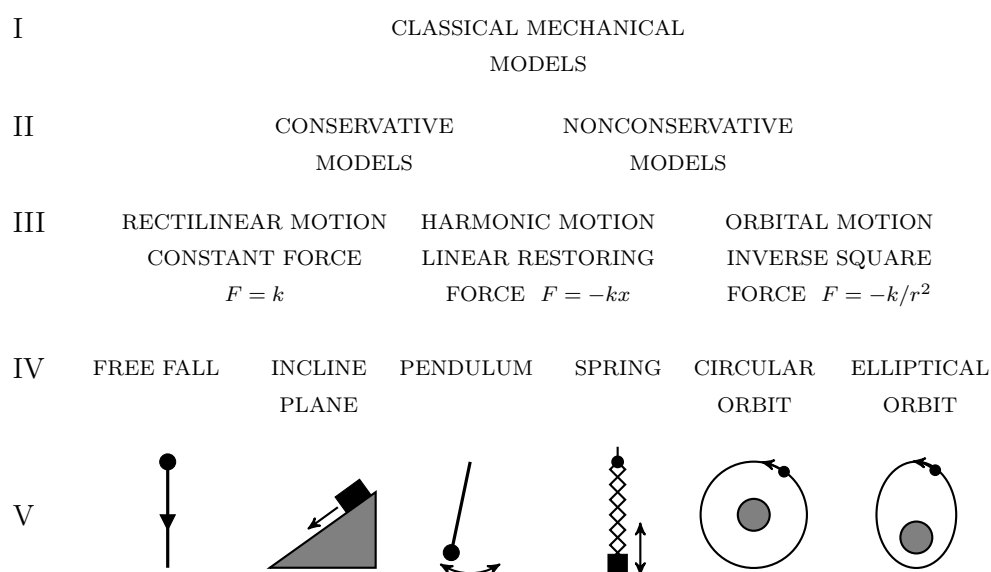


Abbildung 4.2: Beispiel einer Modellfamilie der klassischen Mechanik nach Giere (1994, S. 288).

Sowohl Chi, Feltovich und Glaser (1981) als auch Snyder (2000) verfolgen die These, dass mit steigender fachlicher Expertise die Klärung von Phänomenen auf abstrakterem Level vollzogen wird.

Gieres Hierarchie-Level werden von Snyder (2000) als Basis für eine Untersuchung der Erklärungsstrategien von Beginnenden, Fortgeschrittenen sowie Expertinnen und Experten der Physik genutzt. Sie operationalisiert dabei modell- und theoriebasierte Erklärungen dreier unterschiedlicher Hierarchie-Level (I, III, V) und vergleicht anschließend die Anteile zwischen den drei genannten Gruppen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.3 dargestellt.

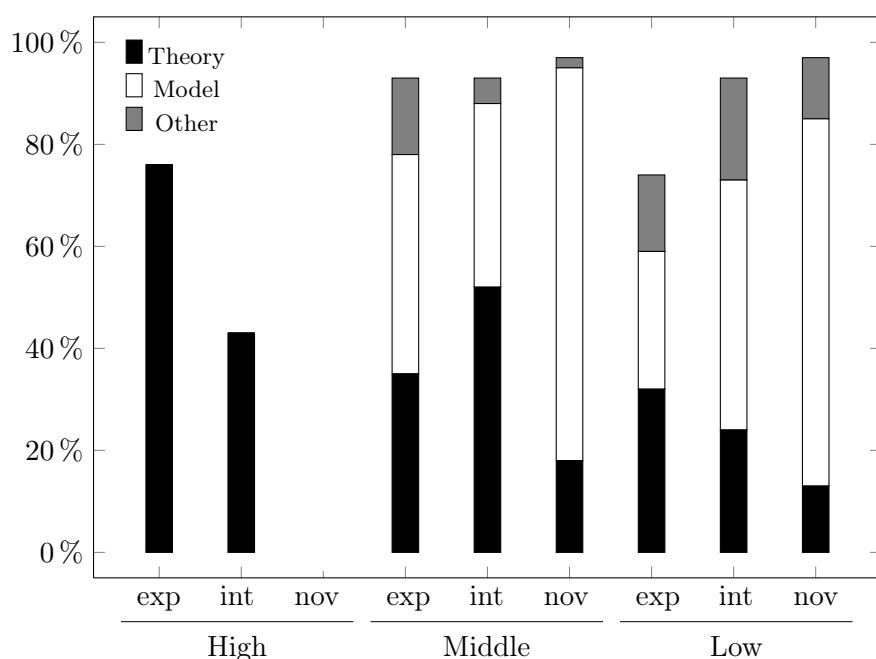


Abbildung 4.3: Klassifikationen von Erklärungen unterschiedlicher Hierarchie-Level (*high*, *middle*, *low*) für Beginnende (*nov*), Fortgeschrittene (*int*) sowie Expertinnen und Experten (*exp*) nach Snyder (2000, S. 986).

Als wichtigstes Ergebnis der Studie kann festgehalten werden, dass unabhängig vom Hierarchie-Level mit zunehmender Expertise Phänomene stärker theoriebasiert erklärt werden. Novizen bevorzugen den modellhaften, konkreten Zugang zu Phänomenen.

Die empirischen Ergebnisse stützen die These des Vorteils konstruktivistischer Lerntheorien, da am Anfang stehende Lernende Analogien und einfache Erklärungsstrategien suchen, die mit realistischen, konkreten Modellen leichter erreicht werden können.

Clement (2000) untersucht die Entwicklung von Präkonzepten zu wissenschaftlichen Modellen bei Lernenden. Der Ansatz zeichnet sich durch eine konstruktivistische Interpretation von Modellentwicklung und Modellierung als linearer Prozess aus (2000, S. 1049f). In der Abbildung 4.4 ist der Pfad der Lernentwicklung dargestellt. Beginnend mit Präkonzepten wird durch die Einführung provisorischer Modelle (*Intermediate Model  $M_x$* ) eine Richtung eingeschlagen, die letztendlich im fachdidaktischen Zielmodell (*Target Model  $M_n$* ) münden soll. Das Zielmodell muss nach Clement nicht mit dem aktuell in der Wissenschaft akzeptierten Modell (*Expert Consensus Model*) übereinstimmen. Dies ist der Fülle von Faktoren geschuldet, die den Lernprozess beeinflussen können<sup>8</sup>. Somit ist das Zielmodell wie auch das „Expert Consensus Model“ stets als vorläufig anzusehen.

<sup>8</sup>Clement (2000) führt Gründe an, warum das Zielmodell nicht mit dem wissenschaftlich akzeptierten Modell äquivalent sein muss. So reicht es beispielsweise in einigen Fällen aus, qualitative und vereinfachte Zusammenhänge zu zeigen.

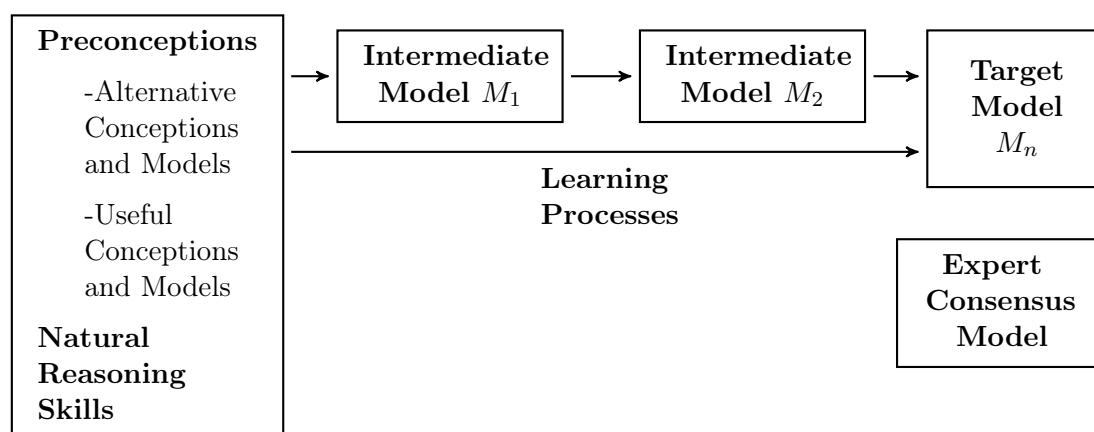


Abbildung 4.4: Modell der konstruktivistischen Auffassung des Lernprozesses bei der Entwicklung von Präkonzepten zum didaktischen Zielmodell. Abbildung übernommen aus Clement (2000, S. 1042).

In Bezug auf die zuvor eingeführten Denkstile in den Naturwissenschaften lassen sich empirische Vorarbeiten finden. Hinweise auf eine unterschiedliche Repräsentation von Modellen im Unterricht durch Lehrkräfte der Physik und Chemie gibt die Studie von van Driel und Verloop (1999). Bei einer Auflösung der Ergebnisse nach fachlichem Hintergrund zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den unterrichteten Fächern hinsichtlich der Frage nach Wahrheit oder reiner Anwendbarkeit (empirischer Adäquatheit) von Modellen. Folgende Items werden von den Autoren als am meisten diskriminierend identifiziert:

- (1) The assessment of models focuses on truth, rather than usefulness.
- (2) Scientists use the most advanced models available. (van Driel & Verloop, 1999, S. 1149)

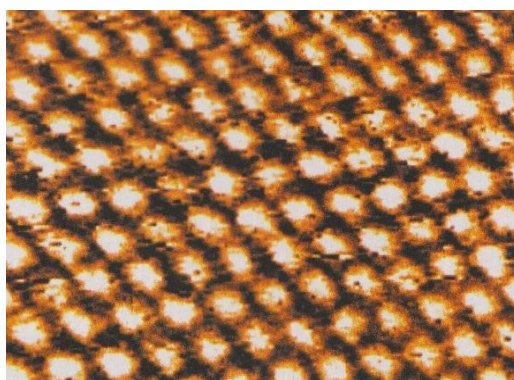
Die befragten Physiklehrkräfte tendieren eher zur Brauchbarkeit von Modellen, während sich Chemielehrkräfte eher für die Wahrheit von Modellen entscheiden. Diese empirischen Hinweise deuten auf weitere Differenzen in der Modellrepräsentation von Lehrkräften unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Fächer hin.

## Einführung in das Thema Modelle

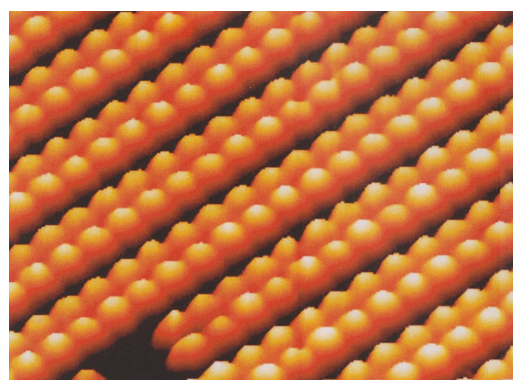
Neben der Frage nach der adäquaten Interpretation von Modellen in der Schule wird der Aspekt der Einführung in das Thema Modelle vor allem in der deutschen Literatur stärker behandelt. Im Wesentlichen können zwei unterschiedliche Herangehensweisen ausgemacht werden, in der Notation von E. Graf (2002) sind dies:

- (1) Informierende Modelleinführung.
- (2) Modelle, die aus dem experimentellen Kontext heraus im Unterricht mit den Lernenden gemeinsam entwickelt werden. (E. Graf, 2002, S. 5)

Die explizite (1) und die implizite (2) Einführung bilden das jeweilige Ende eines Spektrums von Möglichkeiten, Modelle in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren und sollten daher nur als theoretisch gedachte Extreme betrachtet werden. In der Unterrichtspraxis ist mit Mischformen dieser Möglichkeiten zu rechnen, da stets andere Variablen, wie die Schulform, die Klassengröße oder etwa die Unterrichtszeit die didaktischen Methoden beeinflussen.



(a) „Goldatome auf der Oberfläche einer Goldfolie unter dem Raster-Tunnel-elektronenmikroskop.“ (Arnold & Dietrich, 2003, S. 70)



(b) „Jedes einzelne Atom der Oberfläche eines Silicium-Kristalls wurde hier sichtbar gemacht. Mithilfe einer sehr dünnen Nadel wurde die Oberfläche eines Kristalls Zeile für Zeile abgetastet. Die Bewegungen der Nadel wurden mit einem winzigen Spiegel, der ein schmales Laserbündel umlenkt, registriert. Ein Computer „übersetzt“ die Signale der Nadelspitze in ein Hell-Dunkel-Muster: Hell = Nadel oben; Dunkel = Nadel unten.“ (Backhaus et al., 2010, S. 8)

Abbildung 4.5: Zwei unterschiedliche Arten der Einführung in die Atomtheorie aus deutschen Schulbüchern. (a) zeigt eine fotorealistische Darstellung von Goldatomen, mit (b) ist ein eher instrumentalistischer Zugang gewählt worden.

Um zu verdeutlichen, welche epistemologische Wirkungsmacht die sprachliche und gestalterische Ausführung von Modellen in Lehrbüchern auf Lernende haben kann, sind in Abbildung 4.5 zwei unterschiedliche Grafiken dargestellt, die sich auf den gleichen Inhaltsbereich beziehen. Beide Abbildungen wurden aus den jeweiligen Abschnitten zur Einführung in die Atomtheorie von Schulbüchern entnommen und zeigen Darstellungen von Körperoberflächen mit Raster-Tunnelelektronenmikroskopen. Während die linke Abbildung 4.5(a) einen realistischen und direkten Zugang zum Produkt der Erkenntnis wählt, stellt die rechte den Prozess des Erkennens in den Vordergrund. Durch Einbezug etwa der Worte „übersetzt“, „Signale“ und „Hell-Dunkel-Muster“ wird der instrumentelle Charakter von Raster-Tunnelaufnahmen hervorgehoben.

### Modelle in den deutschen Bildungsstandards

In Deutschland ist mit dem Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ eine direkte Verknüpfung von Modellen und Modellierungen im Unterricht mit den Bildungsstandards gegeben (KMK, 2005a; 2005b, vgl. auch Abschnitt 1.4). Zum Bereich „Erkenntnisgewinnung“ gehört nach Bindernagel und Eilks (2008) „unbestritten auch ein reflektierter Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen und dem Prozess der Modellierung“ (S. 181). Wie diese Kompetenzen vermittelt werden können, ist Thema gegenwärtiger Debatten der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken (siehe z. B. Buck & Rehm, 2010; E. Graf, 2002; Hört & Buck, 2003).

In der Modellierung der deutschen Bildungsstandards unterteilen Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth und Walpuski (2010) den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ in die Teilbereiche „Naturwissenschaftliche Untersuchungen“, „Naturwissenschaftliche Modellbildung“ und „Wissenschaftstheoretische Reflexionen“ (S. 140). Modelle und Modellierungen können somit als wesentlicher Bestandteil des Kompetenzbereiches „Erkenntnisgewinnung“ – und damit naturwissenschaftlicher Bildung – angesehen werden.

### 4.3 Empirische Erfassung von Modell-Repräsentationen

In der didaktischen Forschung sind bereits einige Instrumente zum Umgang mit und zur Repräsentation von Modellen verfügbar. Von wesentlicher Bedeutung sind „Students’ Understanding of Models in Science“ (SUMS), ein Fragebogen von Treagust et al. (2002), und „Teaching Activities with Respect to Models and Modelling“ (TAM, van Driel & Verloop, 2002). Weiterhin sind mit der Arbeit von van Driel und Verloop (1999) Skalen in Bezug auf die Repräsentation von Modellen publiziert. Die Skalen der drei genannten Instrumente zu Modellrepräsentationen und -handlungen sind in Tabelle 4.1 aufgeführt.

Eine qualitative Studie von allgemeinen Modellrepräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht kann bei Henze, van Driel und Verloop (2007) gefunden werden, eine Analyse zum Umgang mit Teilchenmodellen ist mit De Jong, van Driel und Verloop (2005) verfügbar.

Einstellungen bezüglich Modellen im Unterricht zu erfassen, ist mit ähnlichen Problemen behaftet wie die Erfassung von wissenschaftstheoretischen Positionen. Die unterschiedlichen Formate haben die gleichen Vor- und Nachteile, die in Abschnitt 1.5 bereits besprochen wurden. Im Bereich der Modelle allerdings finden sich nur wenige Instrumente mit gebundenen Antworten. Die meisten Instrumente besitzen ein Rating-Format.



Tabelle 4.1: Inhaltsbereiche und Skalen zur Repräsentation von und dem Umgang mit Modellen im Unterricht aus verschiedenen Instrumenten.

Name & Referenz	Format <sup>a</sup>	Inhaltsbereiche / Skalen
van Driel und Verloop (1999)	RF	Relating models and targets Physical appearance of models Social context of models
SUMS Treagust et al. (2002)	RF	Models as multiple representations Models as exact replicas Models as explanatory tools The uses of scientific models The changing nature of models
TAM van Driel und Verloop (2002)	RF	Discussing and reflecting on models; TDM <sup>b</sup> Designing and developing models; TDM Discussing and reflecting on models; SDM <sup>c</sup> Designing and developing models; SDM Students' views of models Students' modelling abilities
De Jong et al. (2005)	I	PCK of Using Particle Models

<sup>a</sup>RF: Rating-Format; I: Interview<sup>b</sup>TDM: teacher-directed mode<sup>c</sup>SDM: student-directed mode

## Zusammenfassung

Modelle und der Prozess der Modellierungen sind wichtige Aspekte bei der Erlangung naturwissenschaftlicher Erkenntnis. Konstruktivistische Ansätze verbinden Prä-Konzepte über verschiedene Zwischenstufen mit dem zu erreichenden Konzept, dem Lernziel. Solche Entwicklungsmodelle, die einen Pfad vom konkreten zum abstrakten Denken beschreiben, gehen mit einem eher antirealistischen Zugang zu den Naturwissenschaften einher.

Über die realistische oder antirealistische Interpretation von Modellen herrscht in der wissenschaftstheoretischen Debatte keine Einigkeit. In der didaktischen Forschung ist lediglich ein Konsens darüber zu finden, dass Modelle und Modellierungen eine zentrale Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht einnehmen. Sie bilden eine Schnittstelle zwischen Inhaltswissen und wissenschaftstheoretischen Aspekten. Wie genau die Repräsentation von Modellen stattfinden, und welche Art der Einführung in das Thema gegeben werden sollte, sind umstrittene Punkte.

## 5 Ziele und Methoden der Untersuchung

### 5.1 Forschungsfragen und Hypothesen

Die aus den theoretischen Grundlagen abgeleiteten Thesen sollen in dieser Arbeit einer empirischen Prüfung unterzogen werden. Um einer möglichst engen Verknüpfung von Theorie und Empirie gerecht zu werden, orientiert sich die Auswahl und Entwicklung der Methoden, d. h. der psychometrischen Instrumente, an den Forschungsfragen.

Mit der ersten Frage wird der Annahme von [Fleck \(1980\)](#) und [Hacking \(1992a\)](#) nachgegangen, dass Meinungen und Einstellungen gegenüber wissenschaftlichem Wissen und wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung nicht unabhängig vom fachlichen Hintergrund (und den damit zugrunde liegenden Denk- und Begründungsstilen) betrachtet werden können. Weiterhin wird angenommen, dass wissenschaftstheoretische Einstellungen auch auf weitere latente Variablen zurückgeführt werden können.

#### **Forschungsfrage 1**

*Welche Variablen beeinflussen das wissenschaftstheoretische Denken hinsichtlich des wissenschaftlichen Realismus angehender Lehrkräfte der Chemie und Physik?*

Aus theoretischen und empirischen Vorarbeiten können über drei Einflussvariablen die folgenden Hypothesen aufgestellt werden:

#### **Hypothese 1.1**

*Ein Lehramtsstudium der Chemie führt zu realistischeren Sichtweisen als das der Physik.*

#### **Hypothese 1.2**

*Ein hohes Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie steht in Zusammenhang mit anti-realistischen Sichtweisen.*

**Hypothese 1.3**

*Ein hohes Interesse an Wissenschaftstheorie steht in Zusammenhang mit antirealistischen Sichtweisen.*

Im Gegensatz zur ersten orientiert sich die zweite Forschungsfrage an der didaktischen Praxis und nimmt die Relevanz wissenschaftstheoretischer Einstellungen als Prädiktor für das Handeln im Unterricht in den Blick. Handlungen und Repräsentationen von Lehrkräften sind in der Klassifizierung nach Shulman (1986, S. 9) dem fachdidaktischen Professionswissen (PCK) zugeordnet. Da PCK jedoch viele unterschiedliche Aspekte umfasst, ist es sinnvoll, jene mit wissenschaftstheoretischem Hintergrund zu fokussieren: Im naturwissenschaftlichen Unterricht sind diesbezüglich vor allem die Repräsentation von und der Umgang mit Modellen hervorzuheben (vgl. Kapitel 4).

**Forschungsfrage 2**

*In welcher Hinsicht spiegelt sich das wissenschaftstheoretische Denken in der Repräsentation von und im Umgang mit Modellen im Unterricht wider?*

Im Abschnitt Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht wird diskutiert, inwieweit wissenschaftstheoretische Einstellungen das Unterrichten von Modellen beeinflusst. Es lassen sich folgende ungerichtete Hypothesen generieren:

**Hypothese 2.1**

*Die Art der Repräsentationen von Modellen steht in Zusammenhang mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus.*

**Hypothese 2.2**

*Die Handlungen mit Modellen im Unterricht stehen in Zusammenhang mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus.*

Ebenfalls in diesem Kontext interessant ist die Frage nach der Einführung in das Thema Modelle im Unterricht. Hier kann ein expliziter, informierender Zugang gewählt werden oder aber eine implizite Herangehensweise (vgl. Abschnitt 4.2). Der Untersuchung liegt folgende ungerichtete Unterschiedshypothese zugrunde:

**Hypothese 2.3**

*Die bevorzugte Art der Einführung in das Thema Modelle steht in Zusammenhang mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus.*

---

## 5.2 Empirisch zu prüfendes Modell

Die Forschungsfragen und Hypothesen bilden ein Modell, dessen Gültigkeit in einer empirischen Studie überprüft werden soll. Die postulierten Zusammenhänge der Variablen sind in Abbildung 5.1 dargestellt.

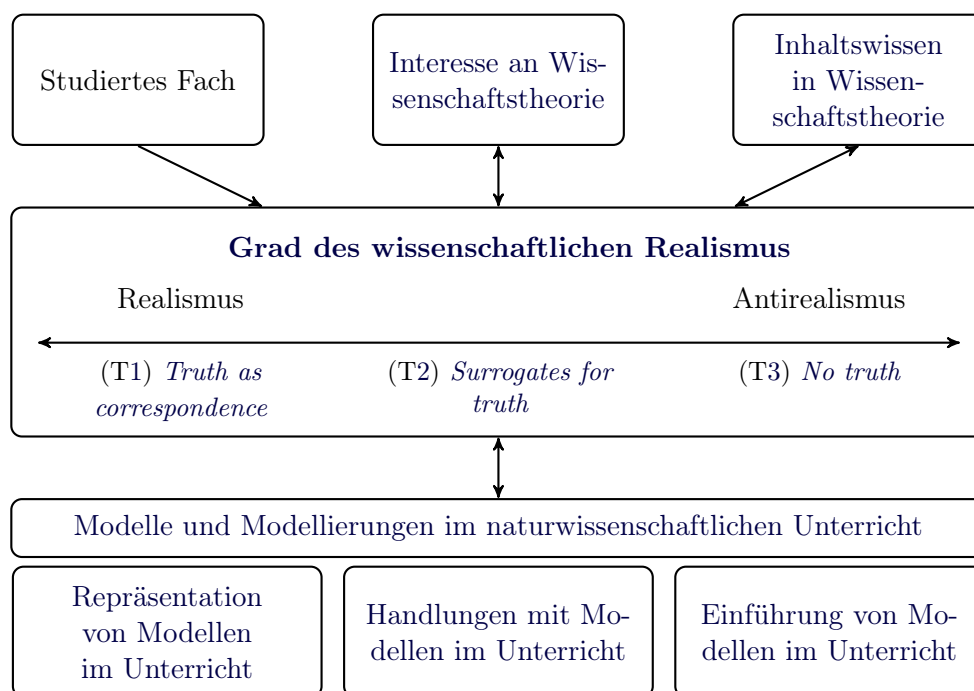


Abbildung 5.1: Modell des Grades des wissenschaftlichen Realismus naturwissenschaftlicher Lehrkräfte. Oben: Einflussvariablen auf den Grad, unten: Einfluss des Grades auf Unterrichtshandlungen.

In dem Modell sind nicht alle Faktoren abgebildet, die einer Prüfung unterzogen werden. Ebenfalls von Bedeutung können das Geschlecht, das Alter, Lehrerfahrungen und die weiteren studierten Fächer sein. Diese Variablen werden mit erfasst, um ihre Einflussgrößen zu evaluieren und gegebenenfalls kontrollieren zu können. Es wird allerdings nicht angenommen, dass der Einfluss dieser Variablen bedeutsam ist. In den folgenden Abschnitten wird auf die Wahl der Instrumente im Zusammenhang mit den Forschungsfragen und Hypothesen eingegangen.

### 5.3 Instrumente der empirischen Studie

#### Grad des wissenschaftlichen Realismus

Der Anspruch dieser Arbeit ist es, ein Instrument zu entwickeln, das den Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR<sup>9</sup>) für Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer erfasst und einen Vergleich zwischen verschiedenen Gruppen sowie die Aufklärung der gegenseitigen Einflüsse von weiteren Variablen ermöglicht. Die Entscheidung für die Projektion (Reduktion, siehe Abschnitt 2.6) von Dimensionen hinsichtlich des Merkmals „wissenschaftlicher Realismus“ bei der Modellierung einer Metadimension ist zum Einen der besseren Aussicht auf Varianzaufklärung geschuldet. Zum Anderen ist die Verlässlichkeit des Vergleiches von Bedeutung. Bei einer Untersuchung, die wissenschaftstheoretische Einstellungen von angehenden Lehrkräften unterschiedlicher Fächer zu erfassen versucht, muss der Interpretationsbias möglichst gering gehalten werden.

Zur Erfassung des Grades des wissenschaftlichen Realismus wird ein Instrument entwickelt, das auf Lovings Scientific Theory Profile (1991) aufbaut (siehe Abschnitt 2.6). Das Modell wird einer weiteren Projektion unterzogen, da die Korrelation zwischen rationaler und realistischer Weltansicht bis auf wenige Ausnahmen trotz der nicht-metrischen Skala zu erkennen ist. Wesentlich begründet wird die Dimension „wissenschaftlicher Realismus“ durch die Interpretation des Wahrheitsbegriffes (vgl. Kapitel 2).

Um die Forschungsfrage 1 einer Klärung zu unterziehen, wird in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten ein Fragebogen entwickelt und pilotiert. Die Entwicklung des Fragebogens wird detailliert in Abschnitt 6.1 behandelt.

#### Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie

Um Hypothese 1.2 und Hypothese 1.3 einer Prüfung zu unterziehen, werden zwei weitere Variablen benötigt. Zunächst wird das Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie geprüft, um den Einfluss auf den Grad des wissenschaftlichen Realismus zu bestimmen. Die Variable Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS<sup>10</sup>) wird mit einem Test erfasst. In der Literatur sind keine Instrumente verfügbar, die ein reines Inhaltswissen in diesem Bereich abbilden können. Die Entwicklung des Instrumentes wird in Abschnitt 6.2 besprochen, die Instrumentengüte in der Pilotstudie ermittelt.

---

<sup>9</sup>Degree of Scientific Realism (Die Instrumente der Studie haben englischsprachigen Bezeichnungen, um eine Anschlussfähigkeit in der internationalen Forschung zu gewährleisten und Übersetzungsprobleme zwischen dieser Arbeit und internationalen Veröffentlichungen des Autors auszuschließen.)

<sup>10</sup>Knowledge in Philosophy of Science

---

### Interesse an Wissenschaftstheorie

Zur Erfassung des Interesses an Wissenschaftstheorie (IPS<sup>11</sup>) sind ebenfalls keine Instrumente in der Literatur zu finden. Die Reliabilität des zu entwickelnden Instrumentes wird daher in der Pilotstudie abgesichert.

### Modelle und Modellierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Um im Rahmen der Forschungsfrage 2 Zusammenhänge zwischen dem Grad des wissenschaftlichen Realismus und dem Umgang mit Modellen im Unterricht überprüfen zu können, werden Instrumente benötigt, die verschiedene Aspekte der Repräsentation von Modellen im Unterricht erfassen.

Aus den in Abschnitt 4.3 besprochenen Instrumenten werden hinsichtlich der Hypothese 2.1 Skalen ausgesucht, die den Aspekt (1) Repräsentation von Modellen fokussieren. Zur Evaluierung der Hypothese 2.2 werden mit Instrumenten aus der Literatur (2) Handlungen mit Modellen im Unterricht erfasst. Für die Erhebung der bevorzugten Einführung in das Thema Modelle in der Schule (Hypothese 2.3) wird ein Fragebogen in dieser Arbeit entwickelt. Ein Überblick über sämtliche Instrumente der Aspekte zu Modellen und Modellierungen findet sich in Abschnitt 6.3.

---

<sup>11</sup>Interest in Philosophy of Science

---

## Ablauf der Studie

Eine Orientierung hinsichtlich des Ablaufs der empirischen Untersuchung lässt sich Abbildung 5.2 entnehmen. Nach der Entwicklung der Instrumente folgen zwei Prä-Pilotierungen des Fragebogens zum Grad des wissenschaftlichen Realismus. Anschließend werden alle Instrumente in einer Pilotstudie eingesetzt, bevor die Hauptstudie mit einem größeren Sample erfolgt.

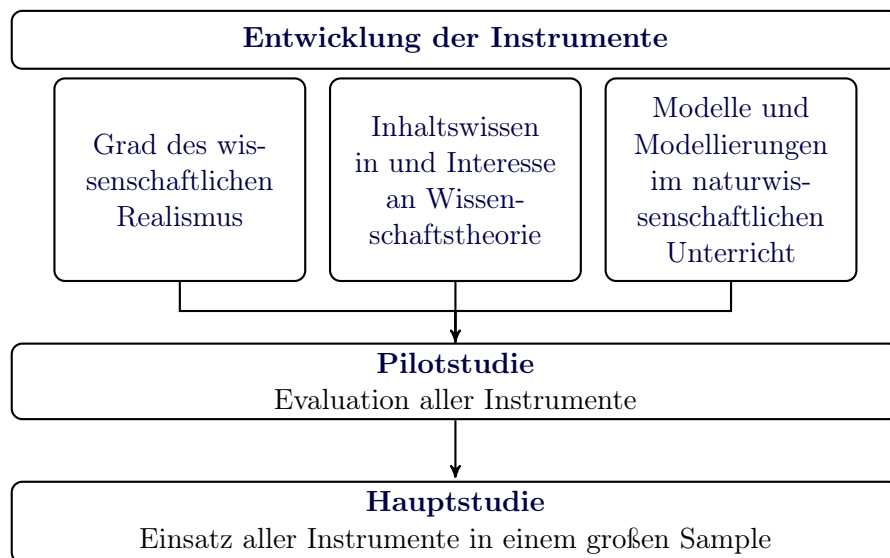


Abbildung 5.2: Ablauf der empirischen Untersuchung.

## Teil II: Empirische Studien



Der empirische Teil dieser Arbeit beginnt mit einem Exkurs über die verwendeten statistischen Methoden. Anschließend werden die Entwicklungen der Instrumente vorgestellt. Es folgt die Validierung und Prä-Pilotierung der Items für den Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR). Daran schließen sich die Entwicklungen eines Fragebogens zum Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS) und eines Tests zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS) an. Es folgen die Ergebnisse der Pilotstudie sowie die Analyse der Instrumentengüte.

Der Ablauf und die Ergebnisse der Hauptstudie werden in Kapitel 8 vorgestellt. Es finden sich zwei Abschnitte zu den Ergebnissen der beiden Forschungsfragen. Die Diskussion der Ergebnisse und eine Zusammenfassung schließen den empirischen Teil der Arbeit ab.

## *Exkurs:* Statistische Methoden

Die Auswertung statistischer Daten in sozialwissenschaftlichen Erhebungen folgt keiner strikt einheitlichen Methode. Um der Vielfalt der statistischen Prozeduren Rechnung zu tragen, sollen zunächst einige Kriterien erörtert werden, nach denen die Datenauswertung in dieser Arbeit erfolgt.

Gegenüber einer Auswertungsmethodik, deren Grundannahme auf der dichotomen Akzeptanz oder Ablehnung einer Hypothese aufbaut, ist in den letzten Jahrzehnten vermehrt Kritik aufgekommen. Die durch William Sealy Gosset unter dem Pseudonym „Student“ publizierten  $t$ -Verteilungen (vgl. Pearson, 1939) und deren Anwendung im  $t$ -Test durch Fisher dominieren die Auswertung statistischer Daten (Cohen, 1990, S. 1307). Eine Fallentscheidung für oder wider eine Hypothese birgt allerdings große wissenschaftstheoretische Schwierigkeiten: die dem  $t$ -Test zugrunde liegende Annahme einer Nullhypothese  $H_0$  kann einer logischen Reflexion nicht standhalten, wie Brandstätter (1999, S. 3) schreibt. Diese Art statistischer Auswertung findet man unter den Namen „Null Hypothesis Significance Testing“ (NHST, siehe z. B. Chow, 1998; Cohen, 1990) und wird in vielen Standardwerken vertreten (vgl. z. B. Bortz, 2005).

Eine Alternative zu den  $p$ -Werten von  $t$ -Tests stellt die Angabe der Konfidenz dar (vgl. Sedlmeier, 1996). Bei dieser Methode wird das Signifikanzniveau  $\alpha$  festgelegt und das empirische Ergebnis einer Messung unter der Annahme normal-verteilter Daten derart behandelt, als wäre es mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p = 1 - \alpha$  eingetroffen. Aus dieser Prämisse lässt sich die untere und obere Grenze  $\mu_L$  und  $\mu_U$  eines Konfidenzintervalls CI in Bezug auf das  $\alpha$ -Level bestimmen (siehe Abbildung 5.3).

In letzter Zeit vollzieht sich primär im angloamerikanischen Raum eine Verschiebung hin zur Angabe von Konfidenzintervallen, was vor allem Ausdruck in der 6. Edition der Richtlinien zur Manuskriptgestaltung der American Psychological Association (APA) findet:

The inclusion of confidence intervals (for estimates of parameters, for functions of parameters such as differences in means, and for effect sizes) can be an extremely effective way of reporting results. Because confidence intervals combine information on location and precision and can often be directly used to infer significance levels, they are, in general, the best reporting strategy. (APA, 2009, S. 34)

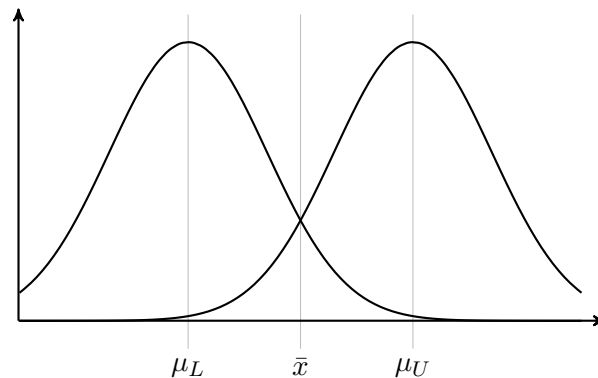


Abbildung 5.3: Konfidenzintervall (CI) eines Mittelwertes  $\bar{x}$ :  $\mu_L$  und  $\mu_U$  bilden die untere und obere Grenze des Konfidenzintervalls. Abbildung nach Cumming und Finch (2001, S. 542).

## Konfidenzintervalle und $t$ -Tests

Die Zurückstellung der NHST-Punktschätzung gegenüber einer Intervallschätzung stellt die Bedeutsamkeit der Ergebnisse in den Vordergrund. Während ein  $t$ -Test einer Nullhypothese  $H_0 : x_1 = x_2$  bei hinreichend großer Anzahl von Fällen  $n$  stets signifikant wird, lässt sich aus einem Konfidenzintervall die praktische Relevanz der Variablen ablesen. Weiterhin drückt das Intervall die Ungenauigkeit aus, mit der Ergebnisse aus Berechnungen statistischer Daten stets behaftet sind. Weitere Vorteile von Konfidenzintervallen gegenüber  $p$ -Werten aus  $t$ -Tests können bei Cumming (2012) sowie Cumming und Finch (2001) nachgelesen werden.

Konfidenzintervalle und  $p$ -Werte des NHST bauen auf der  $t$ -Verteilung auf. Damit ergeben sich direkte Verbindungen zwischen den Angaben. Wird ein  $t$ -Test auf einem bestimmten Level  $p < \alpha$  signifikant, so bedeutet dies für das zugehörige  $(1 - \alpha)$  CI, dass beide Grenzen des Intervalls das gleiche Vorzeichen tragen. In Abbildung 5.4 ist die CI-Funktion dargestellt.

CIs sind strenggenommen Funktionen des  $\alpha$ -Levels der Konfidenz (Kelley, 2007, S. 2):

$$p[\theta_L(X) \leq \theta \leq \theta_U(X)] = 1 - \alpha \quad (5.1)$$

mit  $\theta_L$  und  $\theta_U$  als untere und obere Grenze des CI von  $X$  in Bezug auf die Eintrittswahrscheinlichkeit  $p = 1 - \alpha$ .

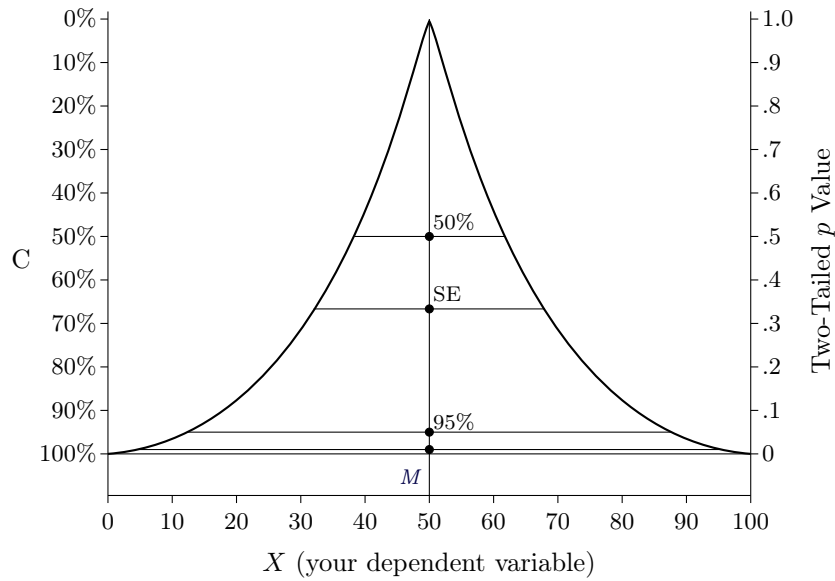


Abbildung 5.4: CI-Funktion nach Cumming (2012, S. 105). Abszisse: Spanne der Konfidenz der abhängigen Variable  $X$ . Ordinate: links das Level der Konfidenz ( $C$ ), rechts der  $p$ -Wert eines zweiseitigen  $t$ -Tests. Der unbeschriftete Schnittpunkt markiert das 95% CI.

## Berechnung von Konfidenzintervallen

### Mittelwerte und Effektstärken

Für den Mittelwert  $M_x$  einer Variable  $x$  mit Stichprobenumfang  $n$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.2)$$

berechnet sich das  $(1 - \alpha)$  CI nach Cumming (2012, S. 70) über die empirische Standardabweichung  $s$  zu

$$M_x[(1 - \alpha) \text{ CI}] = M_x \pm \left[ t_{(1-\alpha), n(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \right]. \quad (5.3)$$

Die dimensionslose Einheit der Effektstärke Cohens  $d$  ist definiert als (Cumming & Finch, 2001, S. 545)

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma}. \quad (5.4)$$

Unter Berücksichtigung von Formel 5.3 ergibt sich die Spanne des symmetrischen CIs aus dem Minimum und dem Maximum bei gewichteter Standardabweichung  $s$ :

$$d[(1 - \alpha) \text{ CI}] = d \pm \left[ t_{(1-\alpha), n(n-1)} \frac{s}{\sqrt{N}} \right]. \quad (5.5)$$

### Pearson Korrelationen $r$ und $\beta$ -Gewichte

Für Pearson Korrelationen  $r$  und  $\beta$ -Gewichte aus linearen Regressionen werden Konfidenzintervalle über eine  $z$ -Transformation berechnet. Die nichtlineare Verteilung für die Korrelation  $r$  wird zunächst in die  $z$ -Verteilung gewandelt:

$$z_r = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right) \quad (5.6)$$

Anschließend kann das Intervall bezogen auf ein definiertes Signifikanzniveau über einen kritischen Wert bestimmt werden (Cumming, 2012, S. 388):

$$z[(1-\alpha) \text{ CI}] = z_r \pm \left[ z_{(1-\alpha),n} \frac{1}{\sqrt{N-3}} \right] \quad (5.7)$$

Nach der Rücktransformation aus der  $z$ -Verteilung erhält man die Grenzen für das asymmetrische CI:

$$r_L = \frac{e^{2(z_r - \frac{z_{(1-\alpha),n}}{\sqrt{N-3}})} - 1}{e^{2(z_r - \frac{z_{(1-\alpha),n}}{\sqrt{N-3}})} + 1}; \quad r_U = \frac{e^{2(z_r + \frac{z_{(1-\alpha),n}}{\sqrt{N-3}})} - 1}{e^{2(z_r + \frac{z_{(1-\alpha),n}}{\sqrt{N-3}})} + 1}. \quad (5.8)$$

Intervalle für Effektstärken, Mittelwerte und Korrelationen können u. a. mit dem Programm ESCI (Cumming, 2012) berechnet werden. Für CIs des Bestimmtheitsmaßes aus der Regressionsanalyse und ANOVA ist eine Routine mit dem Programm R2 (Steiger & Fouladi, 1992) verfügbar.

### Cronbachs $\alpha$

Als Maß für die interne Konsistenz einer Skala wird in dieser Arbeit Cronbachs  $\alpha$  genutzt. Cronbach (1951) führt die Größe als durchschnittlichen Wert aller möglichen Split-Half-Koeffizienten ein (1951, S. 331). Da Cronbachs  $\alpha$  eine von der Anzahl der Items  $i$  abhängige Variable ist

$$\alpha = \frac{i\bar{r}}{1 + (i-1)\bar{r}}, \quad (5.9)$$

und bei größerer Anzahl  $i$  gegen 1 strebt, bietet die durchschnittliche Item-Korrelation  $\bar{r}$  ein zusätzliches Maß für die Homogenität unter den Items, unabhängig von deren Anzahl (siehe dazu Cronbach, 1951).

Die Grenzen des Konfidenzintervalls der internen Konsistenz werden über das empirisch erfasste Cronbachs  $\hat{\alpha}$  durch einen  $F$ -Test mit gegebenem Signifikanz-Level  $\gamma$  berechnet (Fan & Thompson, 2001, S. 522):

$$\alpha_L = 1 - [(1 - \hat{\alpha})F_{(1-\gamma/2), (n-1), (i-1)}] \quad (5.10)$$

$$\alpha_U = 1 - [(1 - \hat{\alpha})F_{(\gamma/2), (n-1), (i-1)}] \quad (5.11)$$

Für die Inter-Item-Korrelation  $\bar{r}$  ergeben sich die CIs aus den Grenzen der Konfidenz von Cronbachs  $\alpha$ . Eine Routine der Berechnung bietet das Programm `ScoreREL CI` von Barnette (2005).

## 6 Entwicklung der Instrumente

### 6.1 Grad des wissenschaftlichen Realismus

Um den Grad des wissenschaftlichen Realismus von angehenden Chemie- sowie Physiklehrkräften zu ermitteln, wird ein Fragebogen erstellt, der Aussagen beinhaltet, die entweder auf eine realistische oder antirealistische Interpretation von Naturwissenschaft abzielen. Die Entwicklung dieses Instrumentes ist in mehrere Stufen geteilt. Zunächst werden Aussagen aus der wissenschaftstheoretischen Literatur abgeleitet und zur Sicherung der Inhaltsvalidität auf deren Bezug zum wissenschaftlichen Realismus respektive Antirealismus in einem Rating mit Expertinnen und Experten geprüft. Im Anschluss folgt der Einsatz der Items in zwei Fragebögen unterschiedlicher Instrumenten-Formate, um einen Vergleich der Methoden zu ermöglichen. Einen Überblick über die Entwicklung des Fragebogens für die Pilotstudie kann Abbildung 6.1 entnommen werden.

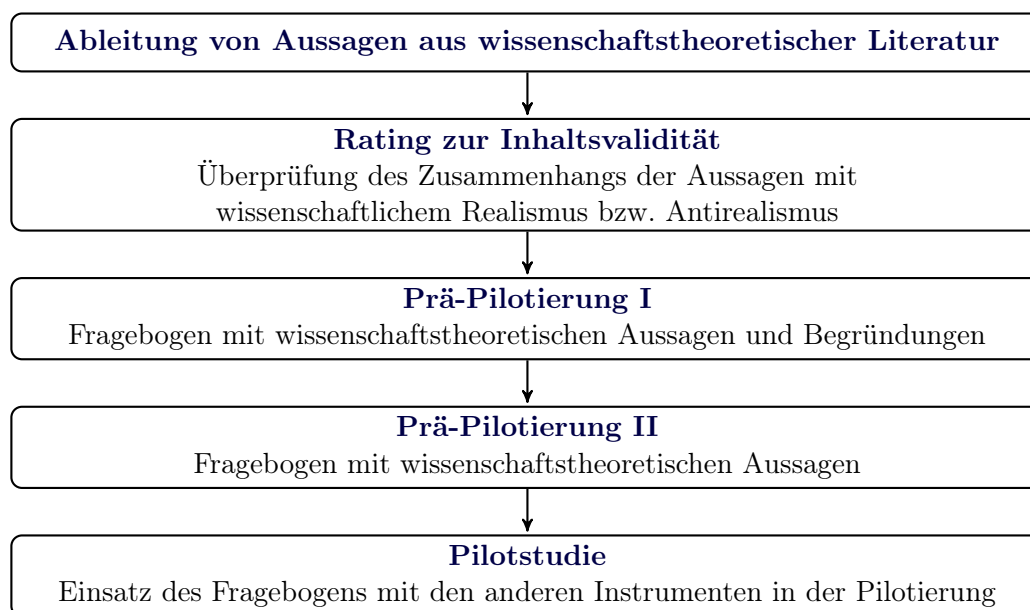


Abbildung 6.1: Ablauf der Instrumentenentwicklung DSR.

### Ableitung von Aussagen aus wissenschaftstheoretischer Literatur

Im ersten Schritt werden Zitate aus wissenschaftstheoretischen Publikationen gesammelt, welche auf die Dimension Realismus und Antirealismus fokussieren. Das Spektrum der Aussagen soll möglichst breit sein, um viele unterschiedliche Aspekte wissenschaftstheoretischer Fragestellungen zu erfassen und damit den inhalts- oder bereichsspezifischen Bias möglichst gering zu halten. Für die Wahl der Aspekte werden drei essentielle Bereiche wissenschaftstheoretischer Fragen identifiziert: (A) der „Status wissenschaftlichen Wissens“, (B) das Spannungsfeld „Subjektivität vs. Objektivität“ sowie (C) „wissenschaftliche Methoden“.

Der Bereich des „Status des wissenschaftlichen Wissens“ umfasst alle Einstellungen gegenüber dem ontologischen Status der Theorien und Entitäten in den Naturwissenschaften. Hierzu zählt auch die Einstellung gegenüber der Wahrheit in der Wissenschaft. Die drei Aspekte dieses Bereiches sind

- A1 Wahrheit in den Naturwissenschaften,
- A2 Ontologischer Status wissenschaftlicher Entitäten,
- A3 Status wissenschaftlicher Theorien.

Der zweite Bereich zielt auf den Disput zwischen „Subjektivismus und Objektivismus“ ab. Realistische wissenschaftstheoretische Positionen gehen in der Regel von der Möglichkeit objektiver oder zumindest intersubjektiver Erkenntnis aus, während antirealistischen Positionen eine eher subjektive Epistemologie zugrunde liegt. Dieser Bereich wird durch die Aspekte

- B1 Gesellschaftliche Einflüsse,
- B2 Individuelle Einflüsse,
- B3 Politische Einflüsse

dargestellt.

„Wissenschaftliche Methoden“ sind ebenfalls Streitpunkt der Realismus-Debatte (vgl. Abschnitte 2.4 und 2.4) und daher abzudeckender wissenschaftstheoretischer Bereich. Dazu gehören Fragen nach der Rolle der Mathematik in den Wissenschaften, der Streit um die wissenschaftliche Methode, oder auch die Annahme von Kausalitäten als Dogma der wissenschaftlichen Schlussfolgerung. Diesbezüglich werden die drei Aspekte

- C1 Wissenschaftliche Methoden,
  - C2 Status der Mathematik in den Naturwissenschaften,
  - C3 Kausalität in den Naturwissenschaften
-



definiert.

Weiterhin liegt der Fokus auf der Allgemeingültigkeit der Aussagen, damit der Fragebogen unabhängig vom studierten naturwissenschaftlichen Fach beantwortet werden kann. Spezielle Theorien, Modelle oder Gesetze, wie etwa die Orbitaltheorie der Chemie, müssen vermieden werden.

Die folgende Aufzählung enthält 22 aus der Literatur abgeleitete Items, die betreffenden Aspekte sowie ihre zugehörigen Referenzen.

#	Item (Aspekt)	Referenz
P1	Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt. (B1)	„[...] the most important and influential views of post-positivist philosophy of science has been the theory-ladenness of observation.“ (Heidelberger, 2003, S. 138)
P2	Eine Theorie steht in festem Zusammenhang mit einem Phänomen. (A3)	„Thus, whereas on the ‘familiarity’ view of the explanation relation the phenomenon being explained must be related to a phenomenon that is familiar [...]“ (Friedman, 1974, S. 11)
P3	Experimentieren wird erst durch Vorwissen des Experimentators ermöglicht. (C1)	„Observation of $x$ is shaped by prior knowledge of $x$ .“ (Hanson, 1975, S. 19)
P4	Eine Theorie muss komplett verworfen werden, wenn ein Experiment ihre Vorhersage nicht bestätigt. (A3)	„A principle of falsification that removes theories because they do not fit the facts would have to remove the whole of science.“ (Feyerabend, 1975, S. 170)
P5	Wissenschaftliche Fakten sind ohne theoretischen Zusammenhang bedeutungslos. (A3)	„The meaning of a proposition is the method of its verification.“ (Schlick, 1936, S. 341)
P6	Die mathematische Methode ist die beste, mit der Naturwissenschaft betrieben werden kann. (C2)	„Mathematics also play a central role in the development of scientific ideas. Newton’s law of gravity not only fitted the observational data, but could also be expressed in precise mathematical terms.“ (van de Lagemaat, 2011, S. 228)
P7	Eine wissenschaftliche Theorie wird durch vielfache Bestätigung ihrer Vorhersagen in Experimenten verifiziert. (A1)	„ $S$ is verifiable if and only if $S$ is contingent and [...]“ (C. Wright, 1989, S. 392)
P8	Die Naturwissenschaften sind frei von politischen Einflüssen. (B3)	„Nor is political interference rejected.“ (Feyerabend, 1975, Analytical Index)

#	Item (Aspekt)	Referenz
P9	Alle Naturwissenschaften folgen den selben Methoden. (C1)	„Hypothetico-deductive reasoning may well have a role in science, but these examples do not illustrate it, much less prove that it is universal or nearly so.“ (Allchin, 2003, S. 323)
P10	Die Existenz von Elektronen ist durch die Forschung gesichert. (A2)	„This situation implies that most explanations given in chemistry which rely on the existence of electrons in particular orbitals are in fact ‘level specific’ explanations [...]“ (Scerri & McIntyre, 1997)
P11	Naturgesetze gelten unabhängig vom Beobachter, der sie untersucht. (C2)	„These explanations of our existence include what we call the ‘laws of nature’. Though we name them laws, we cannot claim that they have an existence independent of us.“ (Maturana, 2000, S. 459)
P12	Wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn ist frei von menschlichen Emotionen. (B2)	„[...] even if scientists could become free of the sway of emotions, it is likely that science would suffer as a result.“ (Thagard, 2002, S. 249)
P13	Zufall spielt eine wichtige Rolle bei wissenschaftlichen Entdeckungen. (C3)	„This implication fits nicely with the third perspective of creativity—the notion that it represents the workings of chance processes. Like the logic and genius perspectives on scientific creativity, this one also has a long history.“ (Simonton, 2004, S. 8)
P14	Die Natur folgt stets Gesetzmäßigkeiten. (C3)	„We have gotten so used to the term law of nature that we hardly ever ask ourselves how the belief that nature follows laws was able to develop.“ (Diederich, 2010, S. 272)
P15	Die Naturwissenschaft nähert sich immer weiter der Wahrheit an. (A1)	„Peirce held that reality is the theory to which we are disposed to converge in belief. And his sense of convergence seems to be this: for each clear proposition, there is a time at which its belief status is permanently settled by an ongoing inquiry.“ (Kelly & Glymour, 1989, S. 186)
P16	Eine Theorie kann sich irgendwann als endgültig wahr herausstellen. (A1)	„Kuhn’s internalist conception of truth [...] entails that scientific theories cannot be true reflections of reality [...]“ (Sankey, 1998, S. 14)

#	Item (Aspekt)	Referenz
P17	Der Einfluss von Theorien wichtiger WissenschaftlerInnen kann andere WissenschaftlerInnen dazu bringen, ihren eigenen Messwerten nicht zu vertrauen. (B1)	„It is reasonable to believe that Nichols and Hull, finding such good agreement with Maxwell’s theory, were happy to publish their results; if the mathematical errors had been in the opposite direction, they presumably would have checked over their calculations more carefully.“ (Jeng, 2006, S. 579)
P18	Es steht fest, dass unsere Welt aus elementaren Teilchen aufgebaut ist. (A2)	„However, molecules are not independent objects in themselves, they are objects in a domain of interobjectivity which arises in the coordinations of doings of our living together in languaging.“ (Maturana, 2000, S. 464)
P19	Naturwissenschaftliche Theorien müssen durch mathematische Formeln angegeben werden können. (C2)	„[...] for many people at the present time, science and mathematics are inextricably linked. In their opinion, nothing deserves to be called a real science until its findings and its theories can be expressed in mathematical terms.“ (Brenner, 1968, S. 679)
P20	Die menschliche Art des Denkens bestimmt wesentlich die wissenschaftliche Betrachtung der Welt. (B1)	„[...] many important physical propositions, which have been thought to record purely objective facts independent of any observer, really correspond to certain features in the sensory or intellectual equipment of human beings.“ (Broad, 1940, S. 301f)
P21	In der Wissenschaft werden Zusammenhänge nicht entdeckt, sondern konstruiert. (A1)	„I suppose that most scientists believe that the world comes with an inherent structure, which it is their task to discover.“ (Hacking, 1983b, S. 84)
P22	Die Wissenschaft erbringt die objektivste Form von Wissen. (A1)	„Bloor has proposed the following tenets as characteristic of [...] a proper account of science: [...] 2. Impartiality. It would be impartial with respect to truth and falsity [...]“ (Brown, 1984, S. 10)

### Rating zur Inhaltsvalidität

Um zu überprüfen, in welchem Maße die abgeleiteten Aussagen mit den wissenschaftstheoretischen Grundpositionen Realismus und Antirealismus verwoben sind, wird ein Rating zur Prüfung der Inhaltsvalidität durchgeführt. Als maßgebliche Referenz-Wissenschaft für Validierungen im Bereich von NOS schlägt [Alters \(1997b, S. 43\)](#) die Philosophie der Wissenschaften vor. Daher wird das Rating mit promovierten und promovierenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Wissenschaftstheorie sowie Wissenschaftsgeschichte durchgeführt.

Um eine zufriedenstellende Anzahl von Expertinnen und Experten zu generieren, wird von einer Rücklaufquote von etwa 30 % ausgegangen. Um einen Mindestwert von sechs Antworten zu erreichen, werden daher 20 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 16 Instituten im deutschen Sprachraum per E-Mail angeschrieben. Das vollständig anonymisierte Rating wird online mit dem Programm [LimeSurvey](#) durchgeführt.

Nach einer Definition des wissenschaftlichen Realismus aus der „Stanford Encyclopedia of Philosophy“ von [Chakravartty \(2011, siehe Abschnitt 2.1\)](#) bewerten die Expertinnen und Experten den Zusammenhang der Aussagen mit diesem Konzept. Die vierstufige Likert-Skala reicht von (1) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat keinen Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“ bis (4) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat unmittelbaren Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“. Die beiden mittleren Stufen (2) und (3) sind nicht beschriftet, um den Interpretationsbias von Aussagen, wie etwa „mittelbarer Einfluss“, zu vermeiden.

Weiterhin wird jede Aussage um die Frage ergänzt, ob es sich um ein positives (realistisches) oder negatives (antirealistisches) Item handelt. Diese Frage ist allerdings nur zu beantworten, wenn in der vorherigen Bewertung des Items nicht die Option (1) gewählt wird. Praktisch realisiert wird dies durch eine Frei- oder Abschaltung der zweiten Frage in Abhängigkeit der Beantwortung der ersten Frage. Das Rating ist im Anhang B einzusehen.

Insgesamt nahmen  $n = 7$  Personen am Rating teil. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6.2 dargestellt. 18 der 22 Items werden mit durchschnittlich 3 oder mehr Punkten bewertet. Nach Meinung der Expertinnen und Experten hat die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus keinen oder nur wenig mittelbaren Einfluss auf die Aussagen P5, P9, P12 und P13. Diese Aussagen werden in der Folge nicht als Items in der Skala „Grad des wissenschaftlichen Realismus“ Verwendung finden.

Der Einfluss der epistemologischen Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus auf die 18 Items, die mit durchschnittlich 3 oder mehr Punkten bewertet werden, kann auf Basis der Konsensmeinung unter den Expertinnen und Experten als gesichert

angenommen werden.

Tabelle 6.2: Ergebnisse des Ratings zur Inhaltsvalidität der Items P1-P21 unter  $n = 7$  Expertinnen und Experten der Wissenschaftstheorie und -geschichte.

#	Zusammenhang mit Realismus <sup>a</sup>				M	SD	Polarität <sup>b</sup>	
	(1)	(2)	(3)	(4)			R	AR
P1	0	0	3	4	3.57	.53	0	7
P2	0	1	4	2	3.14	.69	1	6
P3	0	1	2	4	3.42	.77	0	7
P4	0	0	3	4	3.57	.53	7	0
P5*	1	4	2	0	2.29	.49	0	6
P6	0	1	5	1	3.00	.58	7	0
P7	0	0	2	5	3.71	.49	7	0
P8	0	0	2	5	3.71	.49	7	0
P9*	2	3	2	0	2.00	.81	5	0
P10	0	2	2	3	3.14	.90	7	0
P11	0	0	1	6	3.86	.38	7	0
P12*	3	2	2	0	1.86	.90	4	0
P13*	4	3	0	0	1.43	.53	0	3
P14	0	1	4	2	3.14	.69	7	0
P15	0	0	1	6	3.86	.38	7	0
P16	0	1	3	3	3.29	.76	7	0
P17	0	1	4	2	3.14	.69	0	7
P18	0	1	4	2	3.14	.69	7	0
P19	0	2	3	3	3.14	.69	7	0
P20	0	0	0	7	4.00	.00	0	7
P21	0	0	4	3	3.42	.53	0	7
P22	0	3	1	3	3.00	1.00	7	0

<sup>a</sup>Die Likert-Skala reicht von (1) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat keinen Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“ bis (4) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat unmittelbaren Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“.

<sup>b</sup>R: realistische Aussage; AR: antirealistische Aussage.

\*Item erreicht nicht 3 oder mehr Punkte für einen Konsens unter den Expertinnen und Experten.

## Prä-Pilotierung I

Bei der Entwicklung von Instrumenten zur Erfassung wissenschaftstheoretischer Einstellungen und Positionen spielt die Diskussion um die unterschiedlichen Instrumentenformate eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 1.5). In dieser Studie wird deshalb eine Kombination aus theoretischer Vorarbeit und sowohl quantitativer als auch qualitativer empirischer Überprüfung eingesetzt.

### Instrument und Format

Bei einem Einsatz der wissenschaftstheoretischen Aussagen aus dem [Rating zur Inhaltsvalidität](#) in einem Fragebogen mit Likert-Skala kann lediglich der Grad der Zustimmung gegenüber einer Aussage gemessen werden. Die Gründe für oder wider die Entscheidung aber bleiben im Verborgenen. Um zu evaluieren, ob nicht nur der Grad der Akzeptanz einer Aussage, sondern ebenfalls die Gründe dafür erfassbar sind, wird eine Prä-Pilotierung in zwei Teilen durchgeführt (siehe Abbildung 6.2).

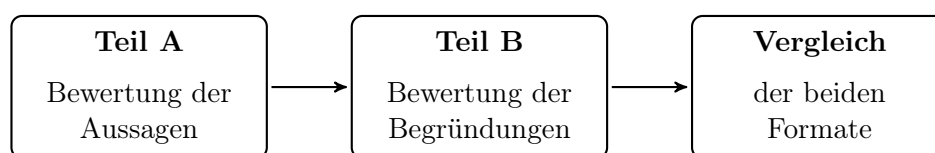


Abbildung 6.2: Ablauf der Prä-Pilotierung I: Zunächst bewerten die Studierenden die wissenschaftstheoretischen Aussagen, in einem zweiten Teil die Begründungen für die Aussagen. Anschließend werden beide Ergebnisse miteinander verglichen.

Das Instrument der Prä-Pilotierung I besteht aus zwei aufeinanderfolgenden Fragebögen. Zunächst werden neun der 18 Aussagen des Ratings in einem Instrument zusammengestellt. Die neun Aussagen sind auf einer vierstufigen Likert-Skala bezüglich des Grades der Zustimmung zu bewerten. In [Teil B – Bewertung der Begründungen](#) werden diese Aussagen wiederholt vorgelegt, nun als Item-Stamm mit jeweils vier Begründungen (siehe Beispiel in [Abbildung 6.3](#)). In diesem Teil wird der Grad der Zustimmung oder Ablehnung der Begründungen ebenfalls mit einer vierstufigen Likert-Skala erfasst.

Ziel der Untersuchung ist es, herauszufinden, ob und in welchem Maße Argumente genutzt werden können, um Begründungen für Meinungen über die Akzeptanz oder Ablehnung wissenschaftstheoretischer Aussagen zu erfassen. Dies wird über einen Vergleich der Scores in der Auswertung ermöglicht.

		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
P1.8b	<i>Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt.</i>				
1	Ja, verschiedene Forschungsleitsätze führen zu unterschiedlichen Interpretationen einer Messung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, die gleichen empirischen Daten können zwei unterschiedliche Theorien gleichzeitig stützen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, empirische Daten sind objektiv und verlässlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, die Interpretation von Daten obliegt einer großen Gemeinde von WissenschaftlerInnen und ist somit unabhängig von Kulturen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 6.3: Beispiel eines Items aus Teil B – Bewertung der Begründungen der Prä-Pilotierung I mit der wissenschaftstheoretischen Aussage als Item-Stamm mit je vier zu bewertenden Begründungen.

## Sample

Das Sample der ersten Prä-Pilotierung bilden  $n = 22$  Lehramtstudierende der Chemie. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer stehen am Ende ihres Studiums (7. bis 10. Fachsemester) und belegen zur Zeit der Messung eines von zwei parallel laufenden Praktika „Chemiedidaktik Wahlversuche“ an der Universität Duisburg-Essen. Unter den Studierenden sind 10 männliche und 12 weibliche Personen, das durchschnittliche Alter beträgt 25,1 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,9 Jahren.

## Ergebnisse

Bei der Auswertung wird zunächst ein Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung für Samples  $n \leq 50$  durchgeführt (Shapiro & Wilk, 1965). Dabei konnte die Hypothese normalverteilter Daten weder in Teil A noch in Teil B abgelehnt werden ( $.42 \leq p \leq .52$ ). Die Kenndaten der Prä-Pilotierung I sind in Tabelle 6.3 aufgeführt.

Bei der Berechnung der internen Konsistenz ergibt sich für Teil A mit der Bewertung von neun wissenschaftstheoretischen Aussagen auf einer vierstufigen Likert-Skala eine Inter-Item-Korrelation von  $\bar{r} = .18$  (Cronbachs  $\alpha = .66$ ). Für eine heterogene Dimension mit lediglich neun Items wird ein zufriedenstellender Wert erreicht. In Teil B offenbart sich eine deutlich geringere durchschnittliche Korrelation der Begründungsaussagen ( $\bar{r} = .04$ ). Offensichtlich beeinflussen einige der Begründungen durch ihre Argumentation die Meinung der Studierenden gegenüber der Aussage. Dieses Problem wurde bereits in Abschnitt 1.5 erörtert. Je argumentativer die Aussagen sind, desto wahrscheinlicher beeinflussen sie die

Meinungen und Einstellungen.

Tabelle 6.3: Kenndaten der Prä-Pilotierung I<sup>a</sup>.

Variable	Wert	95% CI
Größe des Samples $n$	22	
Teil A – Bewertung der Aussagen		
Items $i$	9	
Shapiro-Wilk-Test $p$	.42	
Inter-Item-Korrelation $\bar{r}$	.18	[.07, .35]
Cronbachs $\alpha$	.66	[.39, .83]
Teil B – Bewertung der Begründungen		
Items $i$	36	
Shapiro-Wilk-Test $p$	.52	
Inter-Item-Korrelation $\bar{r}$	.04	[.01, .11]
Cronbachs $\alpha$	.62	[.35, .81]
Zusammenhang der Teile		
Pearson-Korrelation $r$ Teil A und B	.54	[.16, .78]

<sup>a</sup>Die Items finden sich in Anhang C (S. 166).

Der Fragebogen hat das Ziel der Erfassung spontaner, unreflektierter Einstellungen gegenüber wissenschaftstheoretischer Fragestellungen, wie sie beispielsweise auch in Unterrichtssituationen auftauchen können. Die niedrige Korrelation zwischen der spontanen Bewertung der Aussagen und der späteren Bewertung von Argumenten spricht gegen die Möglichkeit, Gründe für den Grad der Zustimmung einer wissenschaftstheoretischen Aussage verlässlich zu erfassen.

## Prä-Pilotierung II

### Instrument und Format

Die befriedigenden Ergebnisse von Teil A – Bewertung der Aussagen der Prä-Pilotierung I deuten darauf hin, dass die wissenschaftstheoretischen Aussagen des Ratings zur internen Validität eine geeignete Skala zur Erfassung des wissenschaftlichen Realismus bilden. Diese Annahme soll empirisch in einer zweiten Prä-Pilotierung überprüft werden. Alle 18 wissenschaftstheoretischen Aussagen werden in einem Fragebogen mit vierstufiger Likert-Skala zusammengefasst. Das Instrument ist in Anhang D abgedruckt.

### Sample

Als Sample für die zweite Pilotierung werden die Lehramtsstudierenden der Chemie aus dem anderen Teil des Parallelkurses „Chemiedidaktik Wahlversuche“ sowie Lehramtsstu-



dierende der Physik aus dem Seminar „Planung und Gestaltung von Physikunterricht“ (Hauptstudium, ab 5. Fachsemester) herangezogen. Insgesamt ergeben sich somit  $n = 29$  Personen, darunter 18 Frauen und 11 Männer. Die Studierenden sind im Durchschnitt 25.2 Jahre alt ( $SD = 3.4$  Jahre).

## Ergebnisse

Die Prä-Pilotierung II legt zufriedenstellende bis gute Ergebnisse an den Tag (siehe Tabelle 6.4). Die Skala zum „Grad des wissenschaftlichen Realismus“ erreicht eine Inter-Item-Korrelation von  $\bar{r} = .14$  (Cronbachs  $\alpha = .75$ ). In der Pilotstudie wird die interne Reliabilität mit einem größeren Sample erneut überprüft, da das Konfidenzintervall von Cronbachs  $\alpha$  wegen der geringen Größe des Samples recht groß ist.

Tabelle 6.4: Kenndaten der Prä-Pilotierung II<sup>a</sup>.

Variable	Wert	95% CI
Größe des Samples $n$	29	
Items $i$	18	
Shapiro-Wilk-Test $p$	.43	
Inter-Item-Korrelation $\bar{r}$	.14	[.06, .29]
Cronbachs $\alpha$	.75	[.53, .88]
Person-Score		
Mean	44.90	[ $\pm$ 2.46]
SD	6.48	
Minimum / Maximum	32 / 55	
Item-Score		
Mean	2.49	
SD	.37	
Minimum / Maximum	1.90 / 3.17	
Test-Retest		
Größe des Sub-Samples $n$	14	
Zeit	3 Monate	
Pearson Korrelation $r$	.85	[.60, .95]

<sup>a</sup>Die Items finden sich in Anhang D (S. 171).

Von Bedeutung bei der Pilotierung ist weiterhin die Funktionalität der Skala in Bezug auf die Justierung. Der kleinste erreichte Score von 32 liegt deutlich über dem Minimum von 18 Punkten, das absolute Maximum von 72 wird mit 55 Punkten ebenfalls deutlich verfehlt. Der Mean-Score des Samples von 44.9 liegt nah am mittleren Wert der Skala von 46 Punkten. Die Wahrscheinlichkeit, in einem größeren Sample Boden- und Deckeneffekte

zu erzeugen, ist relativ gering. Die Standardabweichung der Scores von etwa  $SD = 6.5$  zeigt eine recht breite Streuung der erfassten epistemologischen Einstellungen.

14 Personen aus dem Kurs „Chemiedidaktik Wahlversuche“ werden die Items drei Monate später am Ende des Semesters erneut vorgelegt. Als Maß für die Stabilität des Grades des wissenschaftlichen Realismus zeigt sich eine recht hohe Test-Retest-Korrelation von  $r = .85$ .

## Assoziationsstudie zu wissenschaftstheoretischen Universalien

Der Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus wird in der Pilot- und Hauptstudie von angehenden Lehrkräften sowohl der Chemie als auch der Physik beantwortet. Es ist anzunehmen, dass Lehrkräfte unterschiedlicher Domänen naturwissenschaftliche Universalien – wie etwa die Begriffe „Theorie“ oder „Experiment“ – mit fachspezifischen Beispielen füllen, um eine Meinung darüber zu fällen. Um die Stärke dieses Einflusses aufzudecken, werden den Teilnehmerinnen und Teilnehmern in der [Pilotstudie](#) Begriffe genannt, zu denen sie das erste Beispiel nennen soll, welches ihnen in den Sinn kommt. Die Antworten werden von drei Ratern den Kategorien (1) *physikalisch*, (2) *chemisch*, (3) *sowohl als auch* und (4) *weder noch* zugeteilt und anschließend über die Kategorien Unterschiede zwischen angehenden Chemie- und Physiklehrkräften berechnet. Es werden Beispiele für die Begriffe „Theorie“, „Gesetz“, „Wissenschaft“, „Modell“ und „Experiment“ abgefragt (siehe Anhang E).

## 6.2 Inhaltswissen in und Interesse an Wissenschaftstheorie

Aufgrund eines Mangels an Instrumenten für die beiden Variablen „Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie“ und „Interesse an Wissenschaftstheorie“ in der didaktischen Forschungsliteratur werden diese entwickelt.

### Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS)

Um das Wissen in Wissenschaftstheorie zu überprüfen, werden zwei Aspekte wissenschaftstheoretischen Inhaltswissens herangezogen: (1) historisch bedeutsame Personen der Wissenschaftsphilosophie und deren Theorien sowie (2) allgemeine definitorische Aussagen der Wissenschaftstheorie. Insgesamt werden elf Fragen und neben der richtigen Antwort jeweils drei Distraktoren entwickelt. Der Test besitzt ein gebundenes Format. In Abbildung 6.4 ist ein Beispielitem dargestellt. In der Pilotstudie wird die interne Konsistenz der Skala überprüft.

Der Test ist in Anhang E einzusehen (S. 179).

W04	<i>Was versteht man unter einem induktiven logischen Schluss?</i>	
(a)	Ein Schluss von Bedingung und Konsequenz auf eine Regel	<input type="checkbox"/>
(b)	Ein Schluss von Regel und einer Bedingung auf die Konsequenz	<input type="checkbox"/>
(c)	Ein Schluss von Regel und Konsequenz auf eine Bedingung	<input type="checkbox"/>
(d)	Ein Schluss von einer Regel auf die Bedingung und Konsequenz	<input type="checkbox"/>

Abbildung 6.4: Beispiel eines Items aus dem Test „Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie“ mit Frage und vier Antwortmöglichkeiten. Richtig ist Antwort (a).

### Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS)

Zur Erhebung des Interesses an Wissenschaftstheorie wird eine Skala entwickelt, die über direkte (Interesse an Philosophie) und indirekte Fragen (Anzahl der Bücher über Wissenschaftstheorie) ein empirisches Maß zu ermitteln versucht. Die Skala zum Interesse an Wissenschaftstheorie umfasst fünf Items, ein sechstes Item fragt nach der Berührung mit wissenschaftstheoretischen Inhalten im Studium, ist jedoch selbst nicht Teil der IPS-Skala. Alle Items werden im vierstufigen Rating-Format beantwortet. Der Fragebogen ist in Anhang E abgedruckt (S. 182) und wird in der Pilotstudie geprüft.

### 6.3 Modelle und Modellierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Zum Thema Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht ist bereits einige Forschungsanstrengung unternommen worden (siehe Abschnitt 4.2, speziell Tabelle 4.1). Die in dieser Studie relevanten Aspekte in Bezug auf Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht sind (1) die Repräsentation von Modellen, (2) die Handlungen mit Modellen und (3) die Einführung in das Thema Modelle. Zu zwei der drei Aspekte sind bereits Instrumente in der fachdidaktischen Literatur verfügbar. Zwei weitere Skalen zur Einführung in das Thema Modelle im Unterricht und der Abhängigkeit der Modelldefinitionen von der Klassenstufe werden durch eine Entwicklung von Items bezüglich dieser Bereiche ergänzt. Einen Überblick über die Aspekte und die ausgewählten Instrumente bietet Tabelle 6.5.

Tabelle 6.5: Ausgewählte Skalen zur empirischen Erfassung der relevanten Aspekte zum Thema „Modelle im Unterricht“.

Aspekt	Skalen (Akronym)	Referenz
(1) Repräsentation von Modellen im Unterricht	Models as multiple representations / Models as exact replicas (MA)	Treagust et al., 2002
	Social context of models (MK)	van Driel & Verloop, 1999
(2) Handlungen mit Modellen im Unterricht	Discussing and reflecting on models; teacher-directed mode (MBa) Designing and developing models; teacher-directed mode (MBb)	van Driel & Verloop, 2002
(3) Einführung von Modellen im Unterricht	Einführung in das Thema Modelle (MD) Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe (MC)	Entwicklung in dieser Arbeit

#### Repräsentation von Modellen im Unterricht

Die Art in welcher Modelle von Lehrkräften semantisch behandelt werden, ist die Repräsentation von Modellen im Unterricht. Dieser Aspekt wird mit den Skalen „Models as multiple representations“, „Models as exact replicas“ (Treagust et al., 2002) sowie „Social context of models“ (van Driel & Verloop, 1999) erfasst.

Unter diesen Aspekt fallen Fragen zu Zwecken und Charakteristika von Modellen und allgemeinen Aussagen in Bezug auf naturwissenschaftliche Modelle. Weiterhin wird eine Skala mit vier Items genutzt, die das Ausmaß an Kreativität bei der Entwicklung von Modellen zu erfassen versucht (siehe Abbildung 6.5).

		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
MK1	Kreativität ist einer der Hauptfaktoren bei der Entwicklung von Modellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK2	Ein Modell stellt die Ideen von WissenschaftlerInnen dar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK3	Die Entwicklung eines Modells wird von den Fragen der Forscherinnen und Forscher geleitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK4	Modelle werden nicht erfunden, sondern gefunden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 6.5: Items der Skala „Social context of models“ des Aspektes Repräsentation von Modellen im Unterricht im Rating-Format.

Alle Fragebögen zur Repräsentation von Modellen sind im Rating-Format realisiert. In Anhang E können die Items zu Modellen im Unterricht der Pilotstudie eingesehen werden.

### Handlungen mit Modellen im Unterricht

Die Handlungen einer Lehrkraft mit Modellen sind charakterisiert durch eine Interaktion mit den Lernenden. Dies beinhaltet etwa die Punkte der Diskussion im Unterricht oder auch das Entwickeln von Modellen zusammen mit der Lehrkraft. Zur Erhebung dieser Einstellungen werden die Skalen „Discussing and reflecting on models; teacher-directed mode“ und „Designing and developing models; teacher-directed mode“ von van Driel und Verloop (2002) herangezogen.

In Abschnitt 4.2 wird die explizite oder implizite Einführung in das Thema Modelle als ein zentraler Punkt des naturwissenschaftlichen Unterrichts diskutiert. Auch dieser Bereich wird in der Erhebung nicht vernachlässigt. Um den bevorzugten Zugang einer angehenden Lehrkraft erfassen zu können, werden zwei Items mit gebundenen Antworten generiert, die nach der Herangehensweise fragen.

### Einführung von Modellen im Unterricht

Zur Evaluation der Hypothese 2.3 werden zwei Skalen entwickelt, die sich auf die Art der Einführung in das Thema Modelle (MD) und die Abhängigkeit der Modelldefinition im Unterricht von der Klassenstufe (MC) beziehen<sup>12</sup>. Die interne Konsistenz der beiden Skalen wird in der Pilotstudie überprüft.

Zur Erhebung der bevorzugten Einführung in das Thema Modelle im Unterricht werden in den Items jeweils zwei alternative fachdidaktische Handlungsmöglichkeiten vorgegeben und nach der bevorzugten Handlung gefragt. Die Abhängigkeit der Modelldefinition von

<sup>12</sup>Der theoretische Hintergrund der Skalen wird in Abschnitt 4.2 behandelt.

der Klassenstufe wird durch die Bewertung von Merksätzen zu Modellen abgefragt. Dabei wird zunächst die Adäquatheit von vier Merksätzen in der Mittelstufe abgefragt und anschließend die Items vor dem Hintergrund des Unterrichts in der Oberstufe erneut bewertet. Die Items der beiden Skalen sind in Anhang E aufgeführt.

## Zusammenfassung

Die Instrumentenentwicklung gliedert sich in drei Teile: die Konstruktion eines Fragebogens zur Erhebung des Grades des wissenschaftlichen Realismus (DSR), Instrumente zur Metrierung der Kontrollvariablen Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS) und Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS) sowie die Entwicklung von Instrumenten zu drei Aspekten von Modellen im Unterricht.

Die Items für den DSR-Fragebogen sind aus wissenschaftstheoretischer Literatur abgeleitet und in einem Rating zur Inhaltsvalidität mit Expertinnen und Experten auf den Bezug der Aussagen auf das Konstrukt wissenschaftlicher Realismus überprüft. Zwei Prä-Pilotierungen sichern das richtige Format der Erhebung ab. Die Angabe von Begründungen für oder wider die Aussagen stellt sich als die Teilnehmerinnen und Teilnehmer beeinflussend heraus. Für die adäquate Erfassung des Grades des wissenschaftlichen Realismus wird ein Fragebogen im Rating-Format mit einer vierstufigen Likert-Skala ausgemacht.

Für die Kontrollvariable KPS wird ein Test zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS), für die Variable IPS ein Fragebogen zum Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS) entwickelt, die in der Pilotstudie auf ihre Reliabilität hin geprüft werden.

Die fachdidaktischen Aspekte zu Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht (1) „Repräsentation von Modellen im Unterricht“, (2) „Handlungen mit Modellen im Unterricht“ und (3) „Einführung von Modellen im Unterricht“ werden jeweils mit Fragebögen aus der fachdidaktischen Forschungsliteratur (Aspekt 1 und 2) sowie mit zu entwickelnden Skalen erfasst (Aspekt 3). Weiterhin wird mit zwei Skalen die Einführung in das Thema Modelle im Unterricht und die Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe geprüft.

## 7 Pilotstudie

Nach der Instrumentenentwicklung mit zwei Prä-Pilotierungen folgt der Einsatz sämtlicher Instrumente in einer Pilotstudie. Dazu werden alle Instrumente in einem Fragebogen vereinigt und in einer Stichprobe ausgegeben. Ziel der Pilotstudie ist die Prüfung der Reliabilität des Tests in wissenschaftstheoretischem Inhaltswissen und der Instrumente zum Interesse an Wissenschaftstheorie sowie zu Modellen im Unterricht. Weiterhin wird eine Assoziationsstudie zu wissenschaftlichen Universalien durchgeführt, um mögliche Differenzen in der Interpretation dieser Begriffe zwischen Personen unterschiedlichen fachlichen Hintergrunds erfassen und bewerten zu können.

### 7.1 Instrumente und Sample

In der Tabelle 7.1 sind alle Instrumente aufgeführt, die in der Pilotstudie Verwendung finden.

Tabelle 7.1: Überblick über die eingesetzten Instrumente der Pilotstudie.

Name	Akronym	Items
Biographische Angaben		8
Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus	DSR	18
Assoziationsstudie zu wissenschaftlichen Universalien		5
Test zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie	KPS	11
Fragebogen zum Interesse an Wissenschaftstheorie	IPS	6
Fragebogen zu Modellen	MA, MK, MBa, MBb, MD, MC	35

Das Sample der Pilotstudie besteht aus  $n = 41$  angehenden Chemie- und Physiklehrkräften, wobei der überwiegende Teil aus Promovierenden der Didaktik besteht (siehe Tabelle 7.2). Die Durchführung der Testung erfolgt unter Anwesenheit eines Testleiters und dauert etwa zwischen 35 und 50 Minuten. Den Teilnehmerinnen und Teilnehmern

der Pilotstudie wird die Anweisung gegeben, Fragen auszulassen, wenn ihnen der Sinn einer Aussage nicht klar sein sollte, um das Verständnis der Items für die Zielgruppe der angehenden Lehrkräfte der Chemie und Physik zu überprüfen.

Tabelle 7.2: Biographische Daten der Teilnehmenden der Pilotstudie.

Variable	Wert
Größe des Samples $n$	41
Fachhintergrund	
Chemie	23
Physik	18
Ausbildungsstadium	
Referendariat	7
Promotion	34
Alter	
Durchschnitt	27.1
SD	3.3

## 7.2 Ermittlung psychometrischer Kenndaten

### 7.2.1 Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR)

Bei der statistischen Analyse des DSR-Fragebogens zeigen sich ähnliche Kennwerte wie schon in der *Prä-Pilotierung II*. Die Skala erweist sich nach klassischer Testtheorie als reliables Instrument, um Ansichten hinsichtlich des wissenschaftlichen Realismus zu erfassen. Insgesamt ist die Verständlichkeit der wissenschaftstheoretischen Aussagen mit 0.8 % fehlenden Antworten gegeben, auch lassen sich keine Boden- oder Deckeneffekte ausmachen (siehe Tabelle 7.3). Die interne Konsistenz fällt mit einem Wert von Cronbachs  $\alpha = .83$  ähnlich wie in den Prä-Pilotierungen aus.

Die Normalverteilung der Daten wird mit mehreren Shapiro-Wilk-Tests abgesichert. Dazu erfolgt sowohl eine Prüfung des Gesamtsamples, als auch der Subsamples mit Fachhintergrund Physik bzw. Chemie. Die  $p$ -Werte der Tests liegen zwischen .4 und .5, sodass die Hypothese der Normalverteilung der Daten nicht abgelehnt werden kann.

Die Größe des Samples ist ausreichend um die Skala mit dem Partial Credit Model (PCM) zu kalibrieren. Dazu wird das Programm *Winsteps Rasch Measurement* genutzt. Nach Linacre (1994) kann eine Stabilität von  $\pm 1$  logit mit einer Konfidenz von  $C = .95$  bezogen auf die Größe des Samples  $n = 41$  angenommen werden. Die Items werden im PCM auf Infit- und Outfit-Werte geprüft (siehe Abbildung 7.1). Eine Person-Item-Wright-Map des Samples der Pilotstudie ist in Abbildung 7.2 dargestellt. Die Item-Measure-Werte



Tabelle 7.3: Kenndaten der klassischen Testtheorie des DSR-Fragebogens zum wissenschaftlichen Realismus in der Pilotstudie.

Variable	Wert	95% CI
Items $i$	18	
Shapiro-Wilk-Test $p$	.42 – .49	
Inter-Item-Korrelation $\bar{r}$	.21	[.14, .33]
Cronbachs $\alpha$	.83	[.74, .90]
Ausgelassene Antworten	0.8 %	
Person-Score		
M	42.68	[ $\pm$ 2.49]
SD	7.78	
Minimum / Maximum	26 / 62	
Item-Score		
M	2.31	
SD	.50	
Minimum / Maximum	1.61 / 3.36	

besitzen eine ähnliche Verteilung wie die Person-Measure-Werte, lediglich drei Personen weisen Werte auf, die außerhalb der Item-Spanne liegen.

ENTRY	TOTAL	TOTAL		MODEL	INFIT	OUTFIT	PT-MEASURE	EXACT	MATCH				
NUMBER	SCORE	COUNT	MEASURE	S.E.	MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.	OBS%	EXP%	Item
7	62	41	1.39	.22	1.12	-.4	1.13	.3	.41	.42	54.2	53.1	R7
6	66	41	1.29	.24	.94	-.2	1.04	.2	.39	.45	65.9	55.1	R6
5	67	41	1.23	.23	1.30	1.3	1.35	1.3	.24	.46	48.8	54.4	R5
12	72	41	.97	.22	1.09	.5	1.01	.1	.50	.48	46.3	50.8	R12
15	77	41	.74	.21	1.00	.1	1.22	1.0	.42	.50	56.1	49.2	R15
17	80	41	.61	.21	1.16	.8	1.27	1.2	.54	.50	41.5	47.1	R17
18	85	41	.40	.20	.68	-1.7	.76	-1.1	.59	.52	58.5	46.5	R18
11	88	41	.28	.20	1.57	2.5	1.47	2.1	.33	.52	43.9	45.9	R11
10	91	41	.16	.20	.55	-2.7	.54	-2.6	.80	.53	58.5	45.9	R10
8	94	41	.05	.20	.91	-.4	.91	-.4	.60	.54	48.8	45.9	R8
4	105	41	-.37	.20	.87	-.6	.89	-.5	.49	.55	51.2	45.0	R4
14	106	41	-.41	.20	1.06	.4	1.15	.8	.46	.55	26.8	45.0	R14
3	111	41	-.60	.20	.94	-.2	.95	-.2	.66	.55	46.3	44.2	R3
13	115	41	-.76	.20	.65	-1.9	.64	-1.9	.63	.55	65.9	44.1	R13
9	117	41	-.84	.20	.88	-.6	.84	-.7	.72	.55	46.3	44.0	R9
6	119	41	-.92	.20	.77	-1.2	.84	-.8	.67	.55	39.0	43.9	R6
2	126	41	-1.30	.22	1.31	1.1	1.19	1.7	.33	.49	42.3	51.2	R2
1	138	41	-1.82	.24	1.52	2.0	1.59	2.0	.21	.52	43.9	55.3	R1
MEAN	95.7	41.0	.00	.21	.99	-.1	1.03	.0			49.2	47.6	
S.D.	20.4	.0	.85	.01	.28	1.4	.28	1.3			9.8	3.9	

Abbildung 7.1: Ergebnisse der PCM-Item-Auswertung des DSR-Fragebogens: Item-measure, -Infit und -Outfit.

Dem PCM sind zwei Modellhypothesen zugrunde gelegt: (1) *Die Daten passen adäquat auf das Modell* und (2) *Die Daten passen perfekt auf das Modell*. Zur Prüfung der Hypothese (1) werden die Mean-Square-Werte (MNSQ) zur Bestimmung der Modellpassung herangezogen, bei Annahme von (2) die standardisierten Werte (ZSTD). Beim Grad des

wissenschaftlichen Realismus handelt es sich um Einstellungen und Meinungen. In dieser Hinsicht wird die etwas schwächere Hypothese (1) angenommen. Die zugehörigen **MNSQ**-Werte sollten nach [Linacre \(2002\)](#) in der Spanne  $[.5, 1.5]$  liegen, der Wert 1 ergibt sich aus einer theoretischen, unverzerrten Datenlage. Die **Infit-MNSQ**-Werte erreichen dabei gute bis zufriedenstellende Werte. Lediglich zwei Items, R1 und R11, weisen leicht erhöhte **Infit**-Werte auf, die allerdings unter 1.6 liegen. In der Spanne von 1.5 bis 2.0 ist nicht von einer Einschränkung des Maßes auszugehen (vgl. [Linacre, 2002](#)).

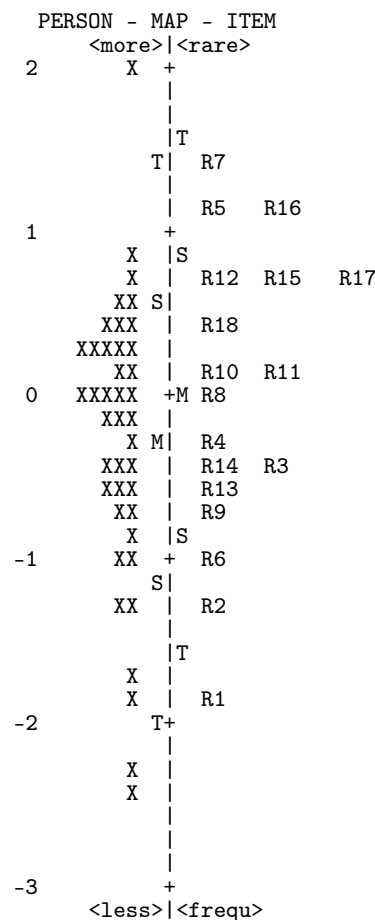


Abbildung 7.2: Person-Item-Wright-Map des DSR-Fragebogens in der Pilotstudie. Wissenschaftlich realistisch denkende Personen finden sich am oberen Ende der Wright-Map. Ein  $X$  repräsentiert eine Person, die Items sind auf der rechten Seite abgebildet ( $M$ : Mittelwert;  $S$ : Standardabweichung;  $T$ : doppelte Standardabweichung).

### 7.2.2 Assoziationsstudie zu wissenschaftstheoretischen Universalien

Ein weiterer Aspekt, den es bei der Interpretation der wissenschaftstheoretischen Aussagen zu beachten gilt, ist die Frage, mit welchen spezifischen Beispielen die Teilnehmenden wissenschaftliche Universalien wie etwa die Begriffe „Theorie“ oder „Experiment“ füllen. Dazu werden fünf solcher Universalien in einem offenen Format abgefragt. Die Begriffe werden gesammelt und anschließend von drei Ratern bewertet. Um einen domänenspezifischen Bias der Rater zu vermeiden, werden drei Personen mit unterschiedlichen wissenschaftlichen Qualifikationen gesucht. Der einschlägige Studienabschluss ist bei Rater 1 in der Physik (Lehramt), bei Rater 2 in der Chemie (Lehramt) und bei Rater 3 in der Wissenschaftsgeschichte zu finden.

Das Rating wird individuell ohne gegenseitige Beeinflussung durchgeführt. Die vier Kategorien der Kontexte der Begriffe sind (1) *physikalisch*, (2) *chemisch*, (3) *sowohl als auch* und (4) *weder noch*. Als Hilfsmittel ist jegliche wissenschaftliche Literatur zugelassen. Die Bewertungen der drei Personen werden über eine Berechnung der Inter-Rater-Reliabilität abgesichert. Wegen der geringen Anzahl der genannten Begriffe zu jeder Universalie werden die Beispiele für alle fünf Universalien für die Berechnung zusammengefasst. Bei dem niedrig-inferenten Rating ergeben sich Werte für Cohens  $\kappa$  von .86 bis .91 (siehe Tabelle 7.4). Nach Landis und Koch (1977, S. 165) repräsentieren Werte  $\geq .8$  eine hohe Übereinstimmung („Almost Perfect“).

Tabelle 7.4: Matrix der Inter-Rater-Reliabilitäten (Cohens  $\kappa$ ) für die drei Rater der Begriffe der Assoziationsstudie.

	Rater 2	Rater 3
Rater 1	.91	.91
Rater 2		.86

Nach dem Rating werden die kategorialen Daten einem  $\chi^2$ -Test unterzogen, der die Effektstärke zwischen den Personen mit Fachhintergrund Chemie und Physik offenbart. Das Effektstärkemaß  $w$  ist nach Cohen (1988, S. 223) über Cramers  $V$  und des kleineren Wertes der Anzahl von Zeilen und Spalten  $r$  definiert als

$$w = V\sqrt{r-1}. \quad (7.1)$$

Bei fast allen Universalien ergeben sich große Effekte ( $w \geq .5$ , siehe Tabelle 7.5). Lediglich die Beispiele zum Begriff „Modell“ weisen mittlere Effekte in Bezug auf den fachlichen Hintergrund auf. Es ist demnach davon auszugehen, dass das „Füllen“ der Universalien mit

fachspezifischen Beispielen bei der Bewertung der Aussagen im DSR-Fragebogen Einfluss nimmt.

Tabelle 7.5: Ergebnisse des  $\chi^2$ -Tests zwischen angehenden Chemie- und Physiklehrkräften der Kategorien aus dem Rating für  $n = 41$  Personen.

Universalie	$\chi^2$	$p$	Cohens $w$
Theorie	21.84	$< .01$	.73
Gesetz	12.58	$< .01$	.55
Wissenschaft	21.29	$< .01$	.72
Modell	7.13	.07	.42
Experiment	16.65	$< .01$	.64

### 7.2.3 Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS)

Das Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie wird mit einem Test ermittelt, der elf Items umfasst. In der Pilotstudie wird die interne Konsistenz der Skala ermittelt. Dazu werden richtige Antworten mit 1, falsche mit 0 kodiert. Bei einer Berechnung des Maßes für die gesamte, ursprüngliche Skala mit elf Items ergibt sich ein Wert für Cronbachs  $\alpha$  von .64. Die Analyse der Trennschärfe zeigt, dass die Items W2, W6 und W7 eine Item-Skala-Korrelation  $r_{i(t-i)} \leq .3$  aufweisen (siehe Tabelle 7.6). Bei einer Exklusion der drei Items erhält die angepasste Skala mit den verbleibenden 8 acht Items eine interne Konsistenz von  $\alpha = .69$  (siehe Tabelle 7.7). Für einen heterogenen Test ist dies ein zufriedenstellender Kennwert.

Insgesamt fällt der Test mit einem durchschnittlichen Person-Score von 2.44 ( $SD = 1.95$ ) etwas zu schwer aus. Bemerkenswert ist vor allem, dass insgesamt 22 Personen lediglich 2 oder weniger Punkte aufweisen, wobei 2 Punkte der durchschnittlichen Ratewahrscheinlichkeit entsprechen.

Wertet man die Daten mit dem Partial Credit Model aus, so zeigt sich eine ähnliche Verteilung (Abbildung 7.3). Die Items W2, W6 und W7 weisen zu große Infit-Werte auf. Die Item-Schwierigkeiten sind generell zu hoch, lediglich 3 verbleibende Items haben relational zur Personenfähigkeit einen negativen Wert.

Tabelle 7.6: Trennschärfe der Items aus der ursprünglichen und der angepassten Version.

#	ursprünglich	angepasst
	$r_{i(t-i)}$	$r_{i(t-i)}$
W1	.48	.39
W2*	.00	
W3	.32	.22
W4	.34	.33
W5	.30	.36
W6*	.19	
W7*	.19	
W8	.37	.43
W9	.35	.44
W10	.46	.49
W11	.33	.42

\*Item in der angepassten Version entfernt.

Tabelle 7.7: Interne Konsistenz verschiedener Fassungen des Tests zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie. Angegeben sind Cronbachs  $\alpha$  sowie die Inter-Item-Korrelation  $\bar{r}$ .

	Items	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Ursprünglich	11	.14	[.07, .25]	.65	[.47, .79]
Angepasst	8	.21	[.12, .35]	.69	[.52, .81]

ENTRY	TOTAL	TOTAL		MODEL	INFIT	OUTFIT	PT-MEASURE	EXACT	MATCH				
NUMBER	SCORE	COUNT	MEASURE	S.E.	MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.	OBS%	EXP%	ITEM
9	5	41	1.42	.52	.90	-.2	.54	-.6	.43	.34	89.5	87.2	W9
10	7	41	.95	.46	.78	-.8	.54	-.9	.53	.39	89.5	83.1	W10
7	8	41	.75	.44	1.75	.7	1.49	-.1	.35	.41	76.3	81.2	W7
8	8	41	.75	.44	.91	-.3	.68	-.7	.48	.41	81.6	81.2	W8
1	11	41	.23	.40	.80	-1.1	.71	-.9	.57	.45	81.6	75.8	W1
11	11	41	.23	.40	.95	-.2	.90	-.2	.48	.45	76.3	75.8	W11
3	14	41	-.22	.38	.99	.0	.92	-.3	.49	.48	71.1	72.2	W3
6	15	41	-.37	.37	1.64	.9	1.53	1.0	.39	.49	63.2	71.7	W6
5	16	41	-.50	.37	1.00	.1	.94	-.2	.50	.49	65.8	71.0	W5
2	20	41	-1.04	.37	1.61	2.5	1.77	3.0	.24	.52	57.9	69.8	W2
4	28	41	-2.19	.40	.94	-.3	.86	-.3	.57	.54	81.6	76.8	W4
MEAN	13.0	41.0	.00	.41	1.00	.1	.91	.0			75.8	76.9	
S.D.	6.4	.0	.98	.04	.17	.9	.33	1.1			9.9	5.4	

Abbildung 7.3: Ergebnisse der PCM-Item-Auswertung des KPS-Tests.

## 7.2.4 Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS)

Die Skala zum Interesse an Wissenschaftstheorie besteht aus fünf Items (siehe Anhang E). Die interne Konsistenz wird mit Cronbachs  $\alpha = .83$  [.73, .90] und einer Inter-Item-Korrelation von  $\bar{r} = .49$  [.35, .64] abgesichert. Die Trennschärfen der Items liegen im Bereich zwischen .52 und .83 und sind gemeinsam mit den Antwortmustern in Tabelle 7.8 aufgeführt. An der Skala müssen keine Anpassungen vorgenommen werden.

Tabelle 7.8: Antwortmuster und Trennschärfen der Items aus dem Fragebogen zum Interesse in Wissenschaftstheorie (IPS).

#	Interesse				$r_{i(t-i)}$	95% CI
	<i>groß</i>		<i>kein</i>			
I1	2	11	12	16	.61	[.38, .78]
I2	3	7	20	10	.83	[.70, .91]
I3	4	17	12	7	.52	[.25, .71]
I4	1	4	14	22	.78	[.62, .87]
I5	2	1	18	20	.47	[.19, .68]

Ein weiteres Item I6 prüft die Berührung der angehenden Lehrkräfte mit wissenschaftstheoretischen Inhalten im Studium. Dieses Item ist nicht Teil der IPS-Skala und korreliert mit dieser lediglich mit  $r = .07$  [−.24, .37]. Interesse und Berührung mit Wissenschaftstheorie im Studium scheinen der Datenlage nach recht unabhängig voneinander zu sein. Die Größe des Zusammenhangs von wissenschaftstheoretischen Studieninhalten und dem Inhaltswissen KPS drückt sich hingegen in einer Pearson-Korrelation von  $r = .27$  [−.04, .53] aus.

## 7.2.5 Modelle und Modellierungen im naturwissenschaftlichen

### Unterricht

#### Repräsentation von Modellen (MA und MK)

Eine Dimension des Aspektes „Repräsentation von Modellen im Unterricht“ setzt sich aus acht Items aus den Skalen „Models as multiple representations“ und „Models as exact replicas“ des SUMS-Fragebogens von Treagust et al. (2002) zusammen. Bei der Analyse der Reliabilität zeigt sich ein Item als weniger reliabel, MA7: „Viele Modelle zeigen unterschiedliche Teile eines Objektes oder zeigen Objekte unterschiedlich.“ Dieses Item wird dennoch in der Hauptstudie eingesetzt, da es die Güte der Skala nicht herabsetzt. Das Item MA1: „Die meisten Modelle können genutzt werden, um unterschiedliche Perspektiven auf ein Zielobjekt/ Phänomen einzunehmen“ ist mit einer Item-Skala-Korrelation und damit einer

Trennschärfe von  $r_{i(t-i)} = .01$  ebenfalls als problematisch zu werten, wird aber ebenfalls in der Hauptstudie nicht aus der Skala entfernt. Insgesamt erreicht die Skala „Repräsentation“ mit acht Items eine Inter-Item-Korrealtion  $\bar{r} = .13$ . Die Referenzstudie von Treagust et al. (2002) weist hingegen einen Wert von  $\bar{r} = .24$  auf. Dieser Wert liegt innerhalb des Konfidenzintervalls der Pilotstudie dieser Arbeit. Die geringe Inter-Item-Korrelation kann auf statistische Effekte bei der Auswahl der Stichprobe zurückgeführt werden. Alle Kennwerte sind in Tabelle 7.9 aufgeführt.

Die Einstellung angehender Lehrkräfte gegenüber dem Einfluss von Kreativität bei der Modellentwicklung wird mit der Skala MK „Social context of Models“ (van Driel & Verloop, 1999) erfasst. Die neue Skala erreicht dabei eine Reliabilität von Cronbachs  $\alpha = .54$  mit einer Inter-Item-Korrelation von  $\bar{r} = .23$  (siehe Tabelle 7.9). In der Veröffentlichung von van Driel und Verloop (1999) wird ein Wert von  $\alpha = .64$  mit einem etwas geringeren  $\bar{r} = .18$  angegeben.

Tabelle 7.9: Reliabilitäten der Skalen zum Aspekt (1) „Repräsentation von Modellen im Unterricht“.

Skala	Items	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Models as multiple representations / exact replicas (MA)	8	.13	[.04, .26]	.50	[.23, .70]
Social context of models (MK)	4	.23	[.07, .40]	.54	[.28, .73]

### Handlungen mit Modellen (MBa und MBb)

Der Aspekt der „Handlungen mit Modellen im Unterricht“ wird mit den Skalen „Discussing and reflecting on models; teacher-directed mode“ sowie „Designing and developing models; teacher-directed mode“ (van Driel & Verloop, 2002) erfasst.

Tabelle 7.10: Interne Konsistenz der Skalen zum Aspekt (2) „Handlungen mit Modellen im Unterricht“.

Skala	Items	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Discussing and reflecting on models; teacher-directed mode (MBa)	5	.13	[.03, .28]	.42	[.14, .65]
Designing and developing models; teacher-directed mode (MBb)	4	.40	[.22, .58]	.73	[.54, .85]

Zunächst werden die Reliabilitäten der zwei Skalen von van Driel und Verloop untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.10 aufgeführt.

Die Werte für Cronbachs  $\alpha$  liegen bei den beiden Skalen in einem ähnlichen Bereich wie in der ursprünglichen Entwicklungsstudie von van Driel und Verloop. Dort werden  $\alpha$ -Werte von .53 respektive .54 erreicht (2002, S. 1266).

### Einführung von Modellen im Unterricht (MD und MC)

Für die Skala MD (Einführung in das Thema Modelle) ergibt sich bei der Analyse der internen Konsistenz der drei Items MD1-MD3 ein Wert für Cronbachs  $\alpha = .77$ .

Bei der Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe (Skala MC) erreicht die interne Konsistenz Cronbachs  $\alpha = .71$ . Beide Skalen zeigen damit eine zufriedenstellende Reliabilität.

Tabelle 7.11: Interne Konsistenz der Skalen zum Aspekt (3) „Einführung von Modellen im Unterricht“.

Skala	Items	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Einführung in das Thema Modelle (MD)	3	.52	[.34, .69]	.77	[.61, .87]
Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe (MC)	8	.23	[.13, .38]	.71	[.55, .83]

## 7.3 Instrumentengüte

Nach Bortz und Döring (2006, S. 195) manifestiert sich die Qualität von Instrumenten in drei wesentlichen Kriterien: Objektivität, Reliabilität und Validität. Diese Kriterien leiten die Entwicklung, Prä-Pilotierungen und die Pilotstudie. In diesem Abschnitt werden sie einer gesonderten Überprüfung unterzogen. Einen Gesamtüberblick bietet Tabelle 7.12.

Die Durchführungs- und Auswertungsobjektivität wird durch die Instrumenten-Formate abgesichert. Da keine offenen Aufgaben gestellt werden, können die Antworten direkt aus der Kodierung der Instrumente übernommen werden. Dies gilt zum einen für das Rating-Format des Fragebogens zum Grad des wissenschaftlichen Realismus DSR, als auch für die Dimensionen des Fragebogens zu Modellen im Unterricht. Eine Absicherung der Verständlichkeit der Items erfolgt durch die geringe Anzahl an Auslassungen durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Die Objektivität der Auswertung des Tests zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie KPS wird durch eine klare Kodierung bei richtigen oder falschen Antworten erreicht.

Eine Ausnahme bildet die Assoziationsstudie im offenen Format. Die Einteilung der Antworten in Kategorien erfolgt durch ein Rating. Die Objektivität des Ratings wird durch



die Berechnung von Inter-Rater-Reliabilitäten abgesichert. Die Werte für Cohens  $\kappa$  liegen dabei zwischen .86 und .91.

Tabelle 7.12: Instrumentengüte des Fragebogens zum Grad des wissenschaftlichen Realismus **DSR**, des Tests zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie **KPS** und des Fragebogens zu Modellen im Unterricht.

	DSR	KPS	Modell-Skalen
Objektivität			
<i>Durchführung</i>	Rating-Format, 0.8 % ausgelassene Antworten	gebundene Antworten, Rate- wahrscheinlichkeit konstant	Rating-Format
<i>Auswertung</i>	keine Kodierung	definierte Kodierung	keine Kodierung
Reliabilität			
<i>Test-Retest</i>	$r = .85; n = 14$		
<i>Int. Konsistenz</i>	$\alpha = .75; n = 29$ $\alpha = .83; n = 41$	$\alpha = .69; n = 41$	$.51 \leq \alpha \leq .77;$ $n = 41$
Validität			
<i>Inhalt</i>	Rating zur Inhalts- validität ( $n = 7$ ); Items aus wissen- schaftstheoretischer Literatur abgeleitet	Fragen aus wissen- schaftstheoretischer Literatur abgeleitet	Fragebogen aus didaktischer Forschungsliteratur
<i>Diskriminanz</i>	Korrelation zu <b>KPS</b> $r = .16$ n. s.		

Die Reliabilität von Instrumenten kann auf mehrere Weisen gesichert werden. Ein Retest gibt Auskunft über die Stabilität und Reproduzierbarkeit des Konstruktes. Der **DSR** zeigt eine Test-Retest-Korrelation für  $n = 14$  von  $r_{TRT} = .85$ . Ein anderes, wichtiges Maß der Reliabilität stellt die interne Konsistenz Cronbachs  $\alpha$  dar, die über den Mittelwert aller Split-Half-Reliabilitäten definiert wird. Ein von der Itemanzahl  $i$  unabhängiges Maß ist die Inter-Item-Korrelation  $\bar{r}$ , die bei einer Skala mit wenigen Items eine präzisere Angabe über den Zusammenhang der Items als Dimension bereitstellt (vgl. Abschnitt 5.3).

Um das Kriterium der Konstruktvalidität abzusichern, werden alle Items des **DSR** und die Fragen des **KPS** aus wissenschaftstheoretischer Literatur abgeleitet. Zusätzlich gibt ein Rating mit Expertinnen und Experten Einblick in die Inhaltsvalidität des **DSR**. Eine Diskriminanzvalidierung ist gegenüber anderen Messinstrumenten nicht möglich. Es kann lediglich gezeigt werden, dass die Instrumente mit wissenschaftstheoretischem Hintergrund,

der Test zum Inhaltswissen und der Fragebogen zu Einstellungen gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus, nur schwach miteinander in Beziehung stehen ( $r = .14$ ). Es ist davon auszugehen, dass beide Instrumente unterschiedliche Konstrukte erfassen.

Der Modellfragebogen wird aus bestehenden Instrumenten generiert, sodass eine Validierung bereits geleistet ist (siehe dazu Treagust et al., 2002; van Driel & Verloop, 1999, 2002).

Weitere quantitative Ergebnisse der Pilotstudie wie Mittelwertvergleiche des Grades des wissenschaftlichen Realismus hinsichtlich des Fachhintergrundes und eine lineare Regression des DSR hinsichtlich der Variablen KPS und IPS sind in Riehs und Rumann (2012) publiziert.

## 8 Hauptstudie

### 8.1 Stichprobengröße und Power

Nach der erfolgreichen Überprüfung der Instrumentengüte in der Pilotstudie kann die Mindestgröße des Samples der Haupterhebung mit einer Poweranalyse berechnet werden<sup>13</sup>. Die statistische Power  $P$  für eine Messung mit einer randomisierten Stichprobe gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit  $\beta = 1 - P$  eine Hypothese fälschlicherweise abgelehnt wird, d. h. tatsächlich gegenteilige Effekte in der Gesamtpopulation vorhanden sind.

Für die Kalkulation der Teststärke-Parameter wird zunächst die Effektstärke des Unterschieds im Grad des wissenschaftlichen Realismus zwischen angehenden Chemie- und Physiklehrkräften aus den Daten der Pilotstudie berechnet (siehe Tabelle 8.1). Aus der unteren Grenze des Konfidenzintervalls  $CI_{LL}(d) = .54$  lässt sich die mindestens zu erwartende Effektstärke abschätzen. Dieser Wert wird in Bezug auf das Signifikanz-Level  $\alpha = .05$  als Konstante gesetzt und die Abhängigkeit der Power von der Größe der Stichprobe berechnet. Es ergibt sich für den Grenzwert von  $P = .95$  eine Stichprobengröße von  $n = 150$  (siehe Abbildung 8.1).

Tabelle 8.1: Kontrast des Grades des wissenschaftlichen Realismus zwischen angehenden Chemie- und Physiklehrkräften der Pilotstudie:  $t$ -Test Statistik und Effektstärke Cohens  $d$ .

	$n$	DSR	SD	$\Delta$ DSR	$df$	$T$	$p$	Cohens $d$	95% CI
Physik	18	-.80	.81	.93	39	3.90	< .01	1.24	[.54, 1.93]
Chemie	23	.13	.68						

Um die notwendige Anzahl von angehenden Lehrkräften der beiden Fächer zu befragen, werden die Instrumente in mehreren Bundesländern eingesetzt. Dies wird durch eine Online-Version des Fragebogens erreicht.

<sup>13</sup>Zur Analyse der Teststärke wird das Programm G\*Power genutzt.

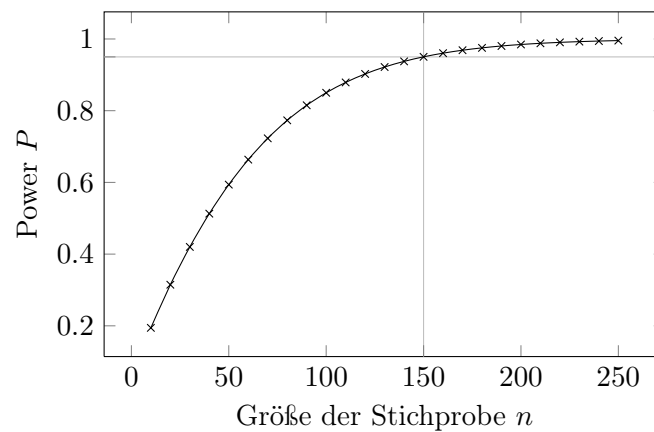


Abbildung 8.1: Abhängigkeit der Power von der Größe der Stichprobe bei einer Effektstärke von Cohens  $d = .54$  bezogen auf das Signifikanz-Level  $\alpha = .05$ .

## 8.2 Datenerhebung und biographische Angaben

Die Hauptstudie findet zwischen dem 17. April und dem 15. Juli 2012 statt. Aufgrund der berechneten Größe des Samples werden im gesamten deutschen Raum Daten erhoben. Um die Datenerhebung zu ermöglichen, werden die Instrumente in einem Online-Format mit dem Programm [LimeSurvey](#) eingesetzt. Da es sich im Wesentlichen um Fragebögen handelt, d. h. Einstellungen und Meinungen erfasst werden, ist die Gefahr eines Bias durch die Einsicht weiterer Quellen durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei der Online-Erhebung nicht gegeben. Lediglich die Ergebnisse des Tests zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS) können bei einem Online-Format verzerrt werden, wenn weitere Hilfsmittel hinzugezogen werden, deren Einfluss nicht erfasst werden kann.

Um diesen Bias erkennen und gegebenenfalls kontrollieren zu können, erhält ein Drittel des Samples eine Paper & Pencil-Version der Instrumente. Diese wird unter Aufsicht in den jeweiligen Studienseminaren ausgegeben. Nur in dieser Kombination von Online- und P&P-Version kann später sichergestellt werden, ob Unterschiede im Antwortverhalten des Testinstrumentes zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie auf die Erhebungsart zurückzuführen sind. Um weiterhin eine größtmögliche Ähnlichkeit der Formate zu erzielen, wird auf einen Beantwortungszwang aller Items („*Forced Choice*“) in der Online-Version verzichtet. Somit können in beiden Versionen Items ausgelassen werden.

Ein Überblick über die biographischen Angaben der insgesamt  $n = 177$  angehenden Lehrkräfte der Chemie und Physik ist mit Tabelle 8.2 gegeben.

Um den Teilnehmerinnen und Teilnehmern einen Einblick in das Thema „Wissenschaftlicher Realismus und Antirealismus“ zu geben, wird ein kurzer Film von 6 Minuten Länge produziert, der im Anschluss an die Befragung vorgeführt wird bzw. nach der Beantwor-

tung der Online-Version angesehen werden kann. Der Film ist im elektronischen Anhang dieser Arbeit zu finden.

Die Auswertung der Hauptstudie wird in mehreren Schritten durchgeführt. Zunächst erfolgt die deskriptive Analyse und die Angabe der Kennwerte jedes Instruments. Daran schließt sich die Prüfung der Forschungsfragen und des Modells aus Kapitel 5 an.

Tabelle 8.2: Biographische Daten der angehenden Lehrkräfte der Chemie und Physik an der Hauptstudie.

Variable	Wert	Variable	Wert
Größe des Samples $n$	177	Erhebungsart	
Fachhintergrund		Paper & Pencil	65
Chemie	96	Online	112
Physik	68	Bundesland	
Chemie und Physik	13	Nordrhein-Westfalen	97
Bildungsabschluss		Berlin	30
Dipl.-Physik	6	Hamburg	27
Dipl.-Chemie	14	Baden-Württemberg	15
Diplom (andere)	16	Sachsen	4
M.Sc. Physik	3	Brandenburg	3
M.Ed.	27	Saarland	1
Master (andere)	2	Alter	
Erstes Staatsexamen	94	Durchschnitt	30.3
Zweites Staatsexamen	11	$SD$	4.8
keine Angabe	4		

### 8.3 Deskriptive Analyse der Instrumente

#### 8.3.1 Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR)

##### Klassische Testtheorie

Die Kodierung der Scores für den DSR-Fragebogen wird derart ausgestaltet, dass höhere Werte wissenschaftlich realistischen Einstellungen entsprechen. Die Analyse der internen Konsistenz des DSR ergibt einen Wert für Cronbachs  $\alpha$  [95% CI] = .84 [.80, .87]. Zur Absicherung der Normalverteilung der Scores wird ein Sapiro-Wilk-Test durchgeführt. Eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung kann mit  $p = .23$ ,  $df = 177$  nicht festgestellt werden. Boden- oder Deckeneffekte bleiben wie schon in der Pilotstudie aus. Alle Kennwerte des Instruments sind in Tabelle 8.3 dargestellt.

Die deskriptiven Ergebnisse sind mit den zuvor ermittelten Kennwerten der Pilotstudie und der Prä-Pilotierungen vergleichbar (siehe Tabelle 8.4).

Tabelle 8.3: Kenndaten der klassischen Testtheorie des DSR-Fragebogens zum wissenschaftlichen Realismus in der Hauptstudie.

Kennwert	Wert	95% CI
Items $i$	18	
Shapiro-Wilk-Test $p$	.23	
Inter-Item-Korrelation $\bar{r}$	.23	[.18, .27]
Cronbachs $\alpha$	.84	[.80, .87]

Tabelle 8.4: DSR-Fragebogen: Vergleich der Inter-Item-Korrelation  $\bar{r}$  und der internen Konsistenz Cronbachs  $\alpha$  von Entwicklungs- und Erhebungsphase.

	$i$	$n$	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Prä-Pilotierung I	9 <sup>a</sup>	22	.18	[.07, .35]	.66	[.39, .83]
Prä-Pilotierung II	18	29	.14	[.07, .26]	.75	[.59, .86]
Pilotstudie	18	41	.21	[.14, .33]	.83	[.74, .90]
Hauptstudie	18	177	.23	[.18, .27]	.84	[.80, .87]

<sup>a</sup>In der ersten Prä-Pilotierung ist nur die Hälfte der Items eingesetzt worden.

### Probabilistische Testtheorie

Wie bereits in der Pilotstudie werden die Items des DSR-Fragebogens einer Analyse mit dem Partial Credit Model unterzogen. Die PCM-Kennwerte der Items sind in Abbildung 8.2 aufgelistet, eine Wrightmap der 50%-thresholds der vierstufigen Likert-Skala ist in Abbildung 8.3 dargestellt. Die Stabilität der Items von Pilot- und Hauptstudie liegt bis auf wenige Ausnahmen (R2, R9, R13) innerhalb der Spanne von  $\pm 1$  digit.

ENTRY	TOTAL	TOTAL		MODEL	INFIT		OUTFIT		PT-MEASURE		EXACT MATCH		
NUMBER	SCORE	COUNT	MEASURE	S.E.	MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.	OBS%	EXP%	ITEM
16	612	174	1.95	.14	1.04	.4	1.25	1.9	.47	.48	72.4	65.9	R16
3	585	177	1.70	.13	1.18	1.6	1.24	2.2	.39	.50	65.5	61.3	R3
13	569	176	1.36	.13	.83	-1.6	.82	-1.8	.65	.52	67.0	59.4	R13
5	567	177	1.34	.13	.95	-.4	.94	-.5	.55	.53	59.3	59.3	R5
7	581	176	1.25	.12	1.05	.4	1.04	.4	.54	.53	64.8	58.0	R7
2	567	177	1.12	.12	.93	-.6	.93	-.6	.60	.54	68.9	57.6	R2
6	521	177	.81	.13	1.17	1.6	1.17	1.6	.40	.52	59.9	60.8	R6
15	488	176	.56	.13	1.02	.3	1.01	.2	.51	.53	65.9	59.0	R15
4	520	177	.38	.10	1.32	2.9	1.34	2.9	.49	.61	45.8	48.5	R4
12	448	177	-.31	.11	1.00	.1	.98	-.2	.60	.60	51.4	49.3	R12
18	440	175	-.32	.11	1.02	.2	1.03	.3	.56	.57	59.4	53.2	R18
17	426	177	-.57	.12	.97	-.2	.96	-.3	.55	.53	66.7	58.5	R17
11	382	176	-1.14	.12	.86	-1.4	.85	-1.6	.65	.56	64.2	55.9	R11
8	362	174	-1.15	.11	.86	-1.4	.84	-1.6	.66	.58	61.5	52.6	R8
10	355	175	-1.39	.12	.97	-.2	.98	-.2	.57	.55	62.9	57.2	R10
14	338	177	-1.61	.12	.95	-.4	.96	-.3	.56	.53	62.1	59.2	R14
9	294	176	-1.75	.12	1.00	.1	1.16	1.3	.56	.53	67.6	59.9	R9
1	289	177	-2.22	.13	1.08	.8	1.15	1.3	.46	.52	57.1	60.4	R1
MEAN	463.6	176.2	.00	.12	1.01	.1	1.04	.3			62.4	57.6	
S.D.	104.4	1.0	1.29	.01	.12	1.1	.15	1.3			6.2	4.2	

Abbildung 8.2: PCM-Kennwerte der Items aus dem DSR-Fragebogen. Angegeben sind u. a. Measure-, Infit- und Outfitwerte.

Mit dem Partial Credit Model können zwei wichtige Fit-Statistiken untersucht werden: Outfit- und Infit-Werte. Bei der Analyse zeigt sich ein Item mit einem Outfit-ZSTD  $> 2.0$  (R3) und ein Item mit sowohl Outfit-ZSTD als auch Infit-ZSTD  $> 2.0$  (R4). Sämtliche Mean-Square-Werte liegen in einer Spanne, innerhalb derer keine verzerrenden Wirkungen der Items angenommen werden können (vgl. Linacre, 2002; B. D. Wright & Linacre, 1994). Die hohe Reliabilität der Skala, die aus der internen Konsistenz nach klassischer Testtheorie abgeleitet werden kann, wird durch die PCM-Analyse bestätigt. Im Folgenden werden daher für sämtliche Angaben und Rechnungen die PCM-Werte anstelle der klassischen Scores für den DSR verwendet.

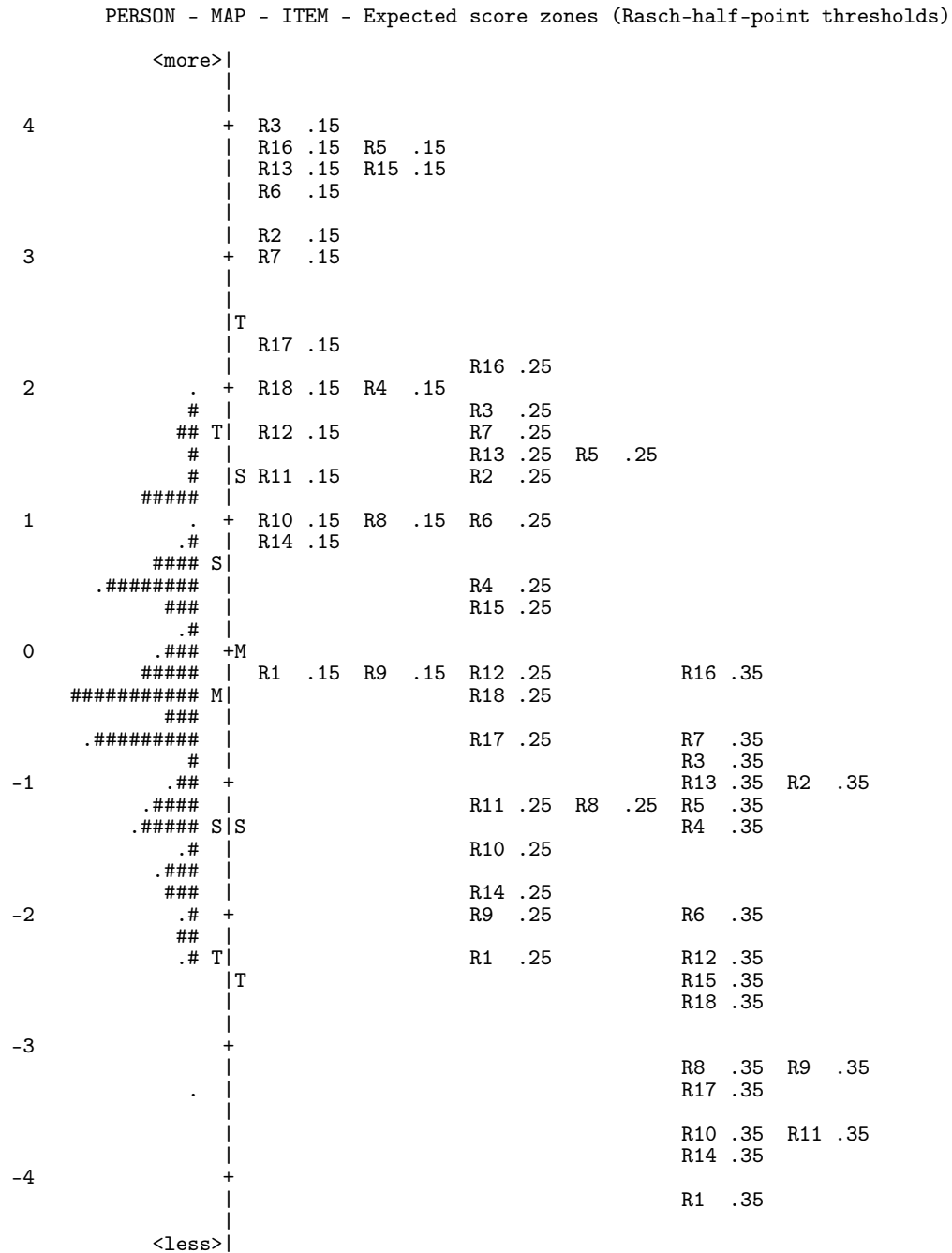


Abbildung 8.3: Wright-Map der 50 %-Grenzwerte der Items des DSR-Fragebogens mit vierstufiger Likert-Skala. Eine Raute repräsentiert zwei, ein Punkt eine Person.



### 8.3.2 Assoziationsstudie

Die freien Antworten zu den fünf offenen Aufgaben der Assoziationsstudie müssen zunächst einer quantitativen Auswertung zugänglich gemacht werden. Drei Rater, die auch schon in der Pilotstudie diese Aufgabe übernommen haben, kategorisieren die als Beispiele für wissenschaftliche Universalien genannten Begriffe in die Kontexte (1) *physikalisch*, (2) *chemisch*, (3) *sowohl als auch* und (4) *weder noch*. In Tabelle 8.5 sind die  $\kappa$ -Werte der Interrater-Reliabilitäten für alle Universalien aufgelistet. Insgesamt zeigt sich eine substanzielle bis hohe Übereinstimmung der drei Rater (vgl. Landis & Koch, 1977, S. 165). Lediglich die genannten Beispiele zur Universalie „Modell“ werden von den Ratern weniger übereinstimmend kategorisiert ( $.27 \leq \kappa \leq .72$ ). Vor allem die Modelle im submikroskopischen Bereich (Atommodelle) sind nur schwer einem spezifischen Kontext zuzuordnen.

Die Universalie „Modell“ tritt in den Items zum Fragebogen zum wissenschaftlichen Realismus noch nicht auf. Erst in den Instrumenten zu Modellen und Modellierungen im Unterricht wird sie häufig gebraucht. Die vier anderen Begriffe sind in unterschiedlicher Häufung in den 18 Items des DSR enthalten: „Theorie“: 6, „Gesetz“: 2, „Wissenschaft“: 11 und „Experiment“: 3.

Sämtliche genannten Begriffe und Bewertungen durch die Rater sind in Anhang G (Seite 200) abgedruckt, Kreuztabellen der kategorisierten Kontexte in Bezug auf den Fachhintergrund können auf Seite 204 eingesehen werden.

Tabelle 8.5: Interrater-Reliabilitäten Cohens  $\kappa$  von drei Ratern R1-R3 der Assoziationsstudie für Beispiele zu fünf wissenschaftstheoretischen Universalien.

	Theorie		Gesetz		Wissenschaft		Modell		Experiment	
	R2	R3	R2	R3	R2	R3	R2	R3	R2	R3
Rater 1	.88	.78	.65	.72	.78	.72	.72	.27	.74	.66
Rater 2		.66		.79		.84		.50		.62

Die Studie zu Assoziationen von Begriffen zeigt mit großen Effektstärken Cohens  $w$  zwischen angehenden Lehrkräften mit Fachhintergrund Chemie und Physik, dass die Universalien, die im Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus verwendet werden, unterschiedlich interpretiert werden (siehe Tabelle 8.6). Auch wenn das Ergebnis des  $\chi^2$ -Testes nicht metrisch interpretiert werden kann, lässt sich feststellen, dass den teilnehmenden Personen das Denken von Beispielen aus der eigenen Fachrichtung insgesamt näher liegt (vgl. dazu auch die Kreuztabellen auf Seite 204f).

Hervorzuheben ist die große Effektstärke bei der Universalie „Experiment“. Es zeigt sich, dass die meisten genannten Beispiele einen Bezug zu Schulexperimenten aufweisen – insbesondere auf diejenige des eigenen studierten Fachs. Weiterhin fällt auf, dass in allen

Tabelle 8.6: Ergebnisse des  $\chi^2$ -Test zwischen angehenden Chemie- und Physiklehrkräften der Kategorien aus dem Rating für  $n = 177$  Personen.

Universalie	$\chi^2$	$p$	Cohens $w$
Theorie	46.22	$< .01$	.53
Gesetz	72.77	$< .01$	.93
Wissenschaft	19.58	$< .01$	.49
Modell	26.66	$< .01$	.56
Experiment	109.88	$< .01$	1.10

Kategorien stets mehr angehende Chemielehrkräfte Beispiele mit physikalischem Hintergrund genannt haben als die Lehrkräfte der Physik Begriffe eines chemischen Hintergrunds wählten.

Die Ergebnisse der Assoziationsstudie dienen dem besseren Verständnis der Unterschiede im Grad des wissenschaftlichen Realismus bei der Prüfung der Hypothesen der **Forschungsfrage 1** in Bezug auf die theoretischen Annahmen, dass die Theorien und Arbeitsweisen einer Domäne in Zusammenhang mit dem Denkstil stehen (siehe Kapitel 3).

### 8.3.3 Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie (KPS)

Bei der Berechnung der internen Konsistenz der Skala zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie ergibt sich nach klassischer Testtheorie lediglich ein geringer Wert für Cronbachs  $\alpha$  [95% CI] = .29 [.12, .44]. Eine Begrenzung der internen Konsistenz des KPS-Tests stellt der mittlere Bodeneffekt dar, der wesentlich durch die hohe Itemschwierigkeit erzeugt wird. Mehr als die Hälfte der Personen erreicht einen Score  $\leq 2$  (siehe Abbildung 8.4).

Die Analyse mit dem PCM hingegen spricht für eine konsistente Skala (siehe Abbildung 8.5). In der Separation von Personen- und Item-Reliabilität des Partial Credit Model ergibt sich zwar eine geringe Personen-Reliabilität von .13, die Item-Reliabilität (.88) zeigt jedoch, dass es sich bei den Fragen zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie um ein einheitliches Konstrukt handelt. Die individuellen Antwortschemen der Personen variieren allerdings stark. Beim wissenschaftstheoretischen Inhaltswissen angehender Lehrkräfte der Naturwissenschaft scheint es sich um eher individuelles, partikuläres Wissen in speziellen Bereichen zu handeln.

Der Vergleich der PCM-item-measures mit denen der Pilotstudie zeigt weiterhin eine hohe Stabilität der Reihenfolge der Itemschwierigkeiten. Die Fit-Statistik wird von keinem Item verletzt, sodass im Weiteren die PCM-Werte in den Berechnungen genutzt werden.

Da während der Erhebung nicht sichergestellt werden konnte, dass Personen bei der Beantwortung der Items in der Online-Version andere Quellen zu Hilfe nehmen, wird ein

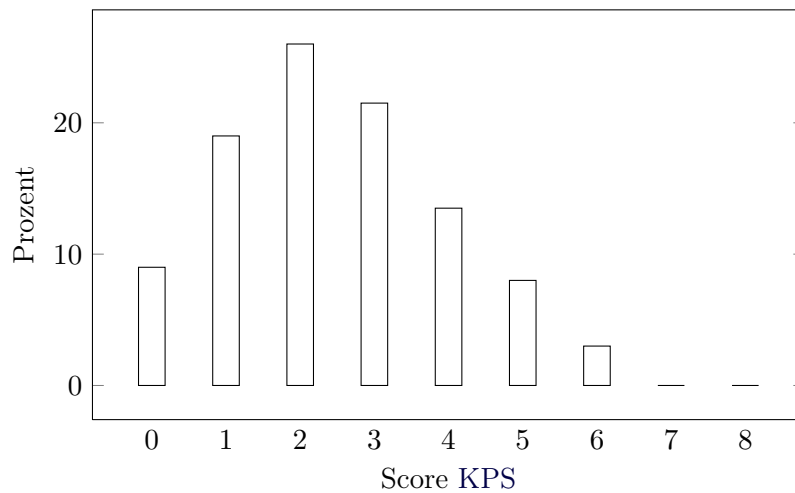


Abbildung 8.4: Häufigkeitsverteilung der Scores des KPS-Tests. Das Instrument erzeugt mittlere Bodeneffekte durch eine große Anzahl von Personen, die lediglich einen Score von 2 Punkten oder weniger aufweisen.

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PT-MEASURE CORR.	EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
7	35	177	.62	.20	.92	-.7	.84	-1.0	.41	.34	80.0	78.6	W10
5	38	177	.50	.20	1.02	.3	1.03	.2	.34	.36	75.6	77.1	W8
6	42	177	.35	.19	1.05	.6	1.06	.5	.33	.37	73.1	75.3	W9
2	48	177	.14	.18	.95	-.6	.93	-.6	.43	.39	75.6	72.7	W3
1	49	177	.11	.18	.99	-.1	1.02	.2	.40	.39	71.3	72.2	W1
8	61	177	-.28	.18	1.08	1.1	1.09	1.0	.37	.43	65.0	68.6	W11
4	62	177	-.31	.17	1.03	.5	1.06	.7	.40	.43	68.1	68.4	W5
3	90	177	-1.14	.17	.95	-.7	.93	-.8	.52	.48	66.9	66.0	W4
MEAN	53.1	177.0	.00	.19	1.00	.0	.99	.0			72.0	72.4	
S.D.	16.7	.0	.53	.01	.05	.7	.08	.7			4.8	4.2	

Abbildung 8.5: Ergebnisse der PCM-Item-Auswertung des KPS-Tests.

etwaiger Bias des Tests gegenüber den Formaten Paper & Pencil- sowie Online-Version durch einen  $t$ -Test der Mittelwerte geprüft. Die erfassten Differenzen beider Gruppen zeigen keine Signifikanz ( $p = .79$ ), die ausführliche Teststatistik ist in Tabelle 8.7 aufgeführt.

Tabelle 8.7: Vergleich der PCM-Mittelwerte des KPS von Paper & Pencil- sowie Online-Version.

Format	$n$	M	SD	$\Delta$ M	95% CI	$df$	$p$
Paper & Pencil	65	-1.06	1.09	.07	[-.38, .52]	175	.79
Online	112	-1.13	1.14				

### 8.3.4 Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS)

Die Items zum Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS) zeigen eine durchschnittliche Inter-Item-Korrelation von  $\bar{r}$  [95% CI] = .30 [.23, .38] und damit eine interne Konsistenz von Cronbachs  $\alpha$  [95% CI] = .68 [.60, .75]. Die Trennschärfen der Items erreichen ein Mittel von  $\bar{r}_{i(t-i)} = .42$ . Die Einzelwerte sowie das Antwortmuster der Skala sind in Tabelle 8.8 dargestellt. Die gemessenen Kennwerte sind mit denen der Pilotstudie vergleichbar. Es zeigen sich weder Boden- noch Deckeneffekte bei der Erfassung des Interesses in Wissenschaftstheorie.

Tabelle 8.8: Antwortmuster und Trennschärfen  $r_{i(t-i)}$  der Items aus dem Fragebogen zum Interesse an Wissenschaftstheorie (IPS).

#	Interesse				$r_{i(t-i)}$	95% CI
	<i>groß</i>		<i>kein</i>			
I1	6	61	72	38	.39	[.26, .50]
I2	7	62	76	31	.55	[.44, .65]
I3	10	90	60	16	.26	[.12, .39]
I4	1	27	93	56	.60	[.50, .69]
I5	4	14	89	70	.41	[.28, .52]

Der Zusammenhang von Interesse und Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie drückt sich wie schon in der Pilotstudie in einer recht geringen Korrelation von  $r$  [95% CI] = .09 [−.06, .23] aus. Diese kann zum Teil auf Bodeneffekte des Tests zum Inhaltswissen zurückgeführt werden.

### 8.3.5 Instrumente zu Modellen und Modellierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

#### Repräsentation von Modellen im Unterricht (MA und MK)

Die Skala MA („Models as multiple representations / exact replicas“) aus dem SUMS-Fragebogen von Treagust et al. (2002) zeigt insgesamt zufriedenstellende Werte der internen Konsistenz (siehe Tabelle 8.9). Die Trennschärfen der Items sind mit durchschnittlich  $\bar{r}_{i(t-i)} = .27$  in einem auswertbaren Bereich (siehe Tabelle 8.10).

Tabelle 8.9: Inter-Item-Korrelationen und interne Konsistenz der Instrumente zur Erfassung des Aspektes Repräsentation von Modellen.

Skala	Items	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Models as multiple representations / exact replicas (MA)	8	.16	[.11, .22]	.60	[.50, .69]
Social context of models (MK)	4	.16	[.11, .22]	.43	[.28, .55]

Die zweite Skala der Repräsentation, „Social context of models“ (MK), erfragt im Wesentlichen Einstellungen über die Zusammenhänge von Modellen mit den zugrundeliegenden Ideen von Wissenschaftlerinnen sowie Wissenschaftlern und dem Ausmaß an Kreativität bei der Modellierung. Mit einem Wert von  $\bar{r} = .16$  liegt die Inter-Item-Korrelation in einem ähnlichen Bereich wie beim Einsatz in der Studie von van Driel und Verloop (1999), bei der ein Wert von  $\bar{r} = .18$  mit  $n = 71$  Personen erreicht wird. Die Trennschärfen der Items der Skala MK sind etwas geringer als bei der Skala MA (siehe Tabelle 8.10).

Tabelle 8.10: Trennschärfen der Items der Skalen MA: „Models as multiple representations / exact replicas“ und MK: „Social context of models“.

Skala MA			Skala MK		
Item	Trennschärfe	95% CI	Item	Trennschärfe	95% CI
MA1	.24	[.10, .37]	MK1	.20	[.06, .34]
MA2	.16	[.01, .29]	MK2	.19	[.04, .33]
MA3	.29	[.15, .42]	MK3	.26	[.11, .40]
MA4	.32	[.18, .45]	MK4	.21	[.06, .35]
MA5	.19	[.04, .33]			
MA6	.34	[.20, .46]			
MA8	.36	[.23, .48]			
MA9	.29	[.15, .42]			

### Handlungen mit Modellen im Unterricht (MBa und MBb)

Zur Erfassung des Aspektes „Handlungen mit Modellen im Unterricht“ werden zwei Skalen des Instruments TAM genutzt (van Driel & Verloop, 2002). Die beiden Dimensionen „Discussing and reflecting on models“ (MBa) sowie „Designing and developing models“ (MBb) bilden die Hauptskalen des Aspektes. Die Werte der internen Konsistenz und der Inter-Item-Korrelationen können in Tabelle 8.11 eingesehen werden.

Tabelle 8.11: Inter-Item-Korrelationen und interne Konsistenz der Instrumente zur Erfassung des Aspektes Handlungen mit Modellen.

Skala	Items	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Discussing and reflecting on models; teacher-directed mode	5	.13	[.08, .20]	.43	[.30, .55]
Designing and developing models; teacher-directed mode	4	.30	[.22, .40]	.63	[.53, .71]

Bei der Auswertung fällt eine sehr geringe interne Konsistenz der Skala „Discussing and reflecting on models“ auf. Diese erreicht lediglich einen Wert für Cronbachs  $\alpha = .43$ , was einer durchschnittlichen Inter-Item-Korrelation von  $\bar{r} = .13$  entspricht. Van Driel und Verloop errechnen in ihrer Studie einen Wert von Cronbachs  $\alpha = .53$  bei einer Größe des Samples von  $n = 77$ . Der Wert kann in dieser Erhebung nicht repliziert werden.

Für die Skala der Modellierung hingegen ergibt sich die interne Konsistenz zu  $\alpha = .63$  und damit ähnlich hoch wie bei van Driel und Verloop ( $\alpha = .54$ ). Die Inter-Item-Korrelation der Skala MBb errechnet sich zu  $\bar{r} = .30$ .

Die Trennschärfen beider Skalen zu Handlungen mit Modellen im Unterricht sind in Tabelle 8.12 aufgelistet.

Tabelle 8.12: Trennschärfen der Items der Skalen MBa: „Discussing and reflecting on models“ und MBb: „Designing and developing models“.

Skala MBa			Skala MBb		
Item	Trennschärfe	95% CI	Item	Trennschärfe	95% CI
MB1	.17	[.03, .31]	MB6	.30	[.16, .43]
MB2	.22	[.07, .35]	MB7	.44	[.31, .55]
MB3	.30	[.16, .43]	MB8	.41	[.28, .53]
MB4	.23	[.08, .36]	MB9	.48	[.36, .59]
MB5	.20	[.06, .34]			

### Zusammenhang aller vier Skalen

Die Instrumente zu den beiden Aspekten Repräsentation von und Handlung mit Modellen zeigen insgesamt einen erwartbar geringen korrelativen Zusammenhang. Eine Ausnahme bilden die beiden Skalen MBa und MBb, die signifikant miteinander korrelieren. Der Wert von  $r = .40$  aus der Studie von van Driel und Verloop (2002) wird repliziert. In Tabelle 8.13 sind alle Pearson-Korrelationen der vier Skalen angegeben.

Tabelle 8.13: Pearson-Korrelationen und 95% CI der Skalen zur Erfassung der Repräsentation von und Handlungen mit Modellen im Unterricht.

	MK <sup>#</sup>	MBa	MBb
MA	.07 [−.22, .07]	−.04 [−.19, .11]	−.07 [−.22, .08]
MK		.05 [−.10, .20]	.03 [−.12, .17]
MBa			.38** [.25, .51]

<sup>#</sup>MA: Models as multiple representations / exact replicas; MK: Social context of models; MBa: Discussing and reflecting on models; MBb: Designing and developing models

\*\*  $p \leq .01$

### Einführung in das Thema Modelle (MD und MC)

Die deskriptive Analyse der Skalen zur Einführung in das Thema Modelle im Unterricht (MD) und der Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe (MC) offenbart keine Boden- oder Deckeneffekte. Allerdings zeigen sich mit Werten von Cronbachs  $\alpha = .53/.59$  deutlich geringere interne Konsistenzen als in der Pilotstudie ( $\alpha = .77/.71$ ). Als Inter-Item-Korrelation der Skala MD wird ein Wert von  $\bar{r} = .28$  erreicht, bei der Skala MC fällt diese mit  $\bar{r} = .15$  deutlich geringer aus.

Die gesamten Kennwerte der internen Konsistenzen und Inter-Item-Korrelationen sind in Tabelle 8.14 aufgeführt, die jeweiligen Trennschärfen der Items lassen sich Tabelle 8.15 entnehmen.

Tabelle 8.14: Inter-Item-Korrelationen und interne Konsistenz der beiden Nebenskalen zu Modellen und Modellierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Skala	Items	$\bar{r}$	95% CI	$\alpha$	95% CI
Einführung in das Thema Modelle (MD)	3	.28	[.19, .37]	.53	[.40, .63]
Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe (MC)	8	.15	[.11, .21]	.59	[.49, .68]

Tabelle 8.15: Trennschärfen der Items der Skalen MD „Einführung in das Thema Modelle im Unterricht“ und MC „Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe“.

Skala MD			Skala MC		
Item	Trennschärfe	95% CI	Item	Trennschärfe	95% CI
MC1a	.21	[.06, .35]	MD1	.30	[.17, .44]
MC1b	.26	[.12, .39]	MD2*	.44	[.30, .55]
MC1c	.33	[.19, .46]	MD3	.41	[.27, .52]
MC1d	.25	[.11, .39]			
MC2a	.25	[.11, .39]			
MC2b	.26	[.12, .40]			
MC2c	.36	[.22, .48]			
MC2d	.42	[.29, .54]			

\*Item ist negativ kodiert.



## 8.4 Inferenzstatistische Analyse zu Forschungsfrage 1

In den folgenden beiden Abschnitten wird auf die in Kapitel 5 aufgestellten Forschungsfragen und Hypothesen eingegangen. Das empirisch zu prüfende Modell der Zusammenhänge aller Variablen wird ebenfalls evaluiert<sup>14</sup>. Zunächst steht die Forschungsfrage 1 im Fokus der Betrachtung.

### 8.4.1 Hypothese 1.1

Die Hypothese 1.1 folgt der Annahme, dass angehende Chemielehrkräften eine realistischere Einstellung haben als Physiklehrkräfte:

H1.1 *Ein Lehramtsstudium der Chemie führt zu realistischeren Sichtweisen als das der Physik.*

Die Mittelwerte des DSR der Personen mit den studierten Fachrichtungen Physik, Chemie sowie denjenigen mit der Kombination beider Fächer sind in Tabelle 8.16 aufgelistet. Eine graphische Darstellung der Kontraste ist mit Abbildung 8.6 gegeben. Es ist zu erkennen, dass die angehenden Physiklehrkräfte antirealistischere Einstellungen vertreten als die Chemielehrkräfte. Der Mittelwert der Gruppe mit der Fächerkombination Chemie und Physik findet sich zwischen den beiden Gruppen, ist aber wegen der geringen Größe der Gruppe ( $n = 13$ ) statistisch weniger aussagekräftig.

Tabelle 8.16: Mittelwerte und 95% CI sowie Standardabweichung SD des Grades des wissenschaftlichen Realismus (PCM-measures) in Bezug auf den Fachhintergrund.

Fachhintergrund	$n$	DSR	95% CI	SD
Physik	68	−.74	[−.98, −.50]	1.06
Chemie	96	−.04	[−.24, .15]	.98
Chemie & Physik	13	−.27	[−.60, .10]	.65

Um die Aussage der Hypothese 1.1 quantitativ zu überprüfen, wird ein  $t$ -Test für Mittelwertdifferenzen zwischen den Gruppen „Physik“ und „Chemie“ durchgeführt. Als Ergebnis lässt sich eine mittlere Effektstärke von Cohens  $d = .69$  in der Stichprobe festhalten. Bezogen auf die Grundgesamtheit kann eine Effektstärke innerhalb des Intervalls  $.39 \leq d \leq 1.03$  mit einer Konfidenz von .95 abgesichert werden. Eine vollständige Teststatistik ist in Tabelle 8.17 aufgeführt.

<sup>14</sup>Siehe Abbildung 5.1 auf Seite 54.

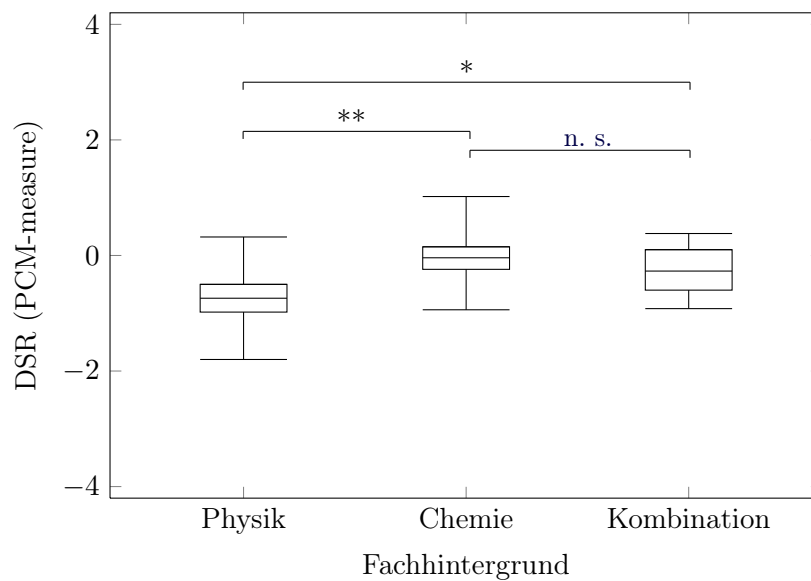


Abbildung 8.6: Mittelwerte des Grades des wissenschaftlichen Realismus im Kontrast Fachhintergrund. Die Grenzen der Box kennzeichnen das 95% CI, der Fehlerbalken die Standardabweichung SD ( $*p \leq .05$ ;  $**p \leq .01$ ).

Tabelle 8.17: Kontrast des Grades des wissenschaftlichen Realismus zwischen angehenden Chemie- und Physiklehrkräften:  $t$ -Test Statistik und Effektstärke Cohens  $d$ .

Fach	$n$	DSR	SD	$\Delta$ DSR	$df$	T	$p$	Cohens $d$	95% CI
Physik	68	-.74	1.06						
Chemie	96	-.04	.98	.70	162	4.32	< .01	.69	[.39, 1.03]

Die Hypothese 1.1 kann nach dieser Erhebung nicht verworfen werden. Absolventinnen und Absolventen eines Lehramtsstudiums der Chemie vertreten eine eher realistische Sichtweise auf die Naturwissenschaften. Die empirischen Ergebnisse decken sich mit den theoretischen Vorarbeiten von Scerri (2000c) und Bensaude-Vincent (2009) aus den Abschnitten 3.2 und 3.3.

### 8.4.2 Hypothesen 1.2 und 1.3

Die Hypothese 1.2 und die Hypothese 1.3 beziehen sich auf den Zusammenhang zwischen Inhaltswissen in (KPS) sowie Interesse (IPS) an Wissenschaftstheorie und dem Grad des wissenschaftlichen Realismus:

H1.2 *Ein hohes Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie steht in Zusammenhang mit anti-realistischen Sichtweisen.*

H1.3 *Ein hohes Interesse an Wissenschaftstheorie steht in Zusammenhang mit antirealistischen Sichtweisen.*

Der Zusammenhang von KPS und IPS mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus wird zunächst unter Kontrolle des studierten Fachs in einer Regression analysiert, um eine Interaktion der Variablen Inhaltswissen in und Interesse an Wissenschaftstheorie und dem Fach zu berücksichtigen. Als weitere Kontrollvariablen werden die biographischen Angaben „Geschlecht“ und „Alter“ in die Berechnung aufgenommen, um auch deren Einfluss zu erfassen (siehe Tabelle 8.18).

Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression ergibt sich zu  $R^2$  [95% CI] = .26 [.13, .36]. Als signifikante Einflussfaktoren werden das studierte Fach, KPS sowie IPS identifiziert. Die Ergebnisse sind graphisch in Abbildung 8.7 dargestellt.

Tabelle 8.18: Lineare Regression der Variable DSR in Abhängigkeit von Fachhintergrund, Inhaltswissen in und Interesse an Wissenschaftstheorie, Alter und Geschlecht der angehenden Lehrkräfte.

	<i>b</i>	SE <i>b</i>	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	<i>p</i>
Fach	.69	.16	.31	[.17, .44]	4.38	< .01
KPS	-.21	.05	-.29	[-.42, -.15]	-3.98	< .01
IPS	-.07	.03	-.14	[-.28, .00]	-1.98	.05
Alter	-.02	.02	-.10	[-.25, .05]	-1.36	.17
Geschlecht	-.13	.16	-.06	[-.21, .09]	-.87	.39

$$R^2$$
 [95% CI] = .26 [.13, .36];  $F(4, 149) = 10.50, p < .01$

Nachdem der Einfluss von Alter und Geschlecht als nicht signifikant zurückgewiesen wird, kann über eine Analyse der partiellen Korrelationen der Einfluss der Variablen KPS und IPS aus dem Zusammenhang von DSR und dem Fachhintergrund extrahiert werden. Die unkontrollierte Korrelation zwischen dem DSR und dem Fachhintergrund beträgt  $r = .32$ . Werden bei der partiellen Korrelation beide Variablen KPS und IPS kontrolliert, so sinkt der Zusammenhang von DSR und Fachhintergrund auf  $r = .28$ . Interesse und Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie zeigen leicht moderierende, d. h. abschwächende, Effekte auf den

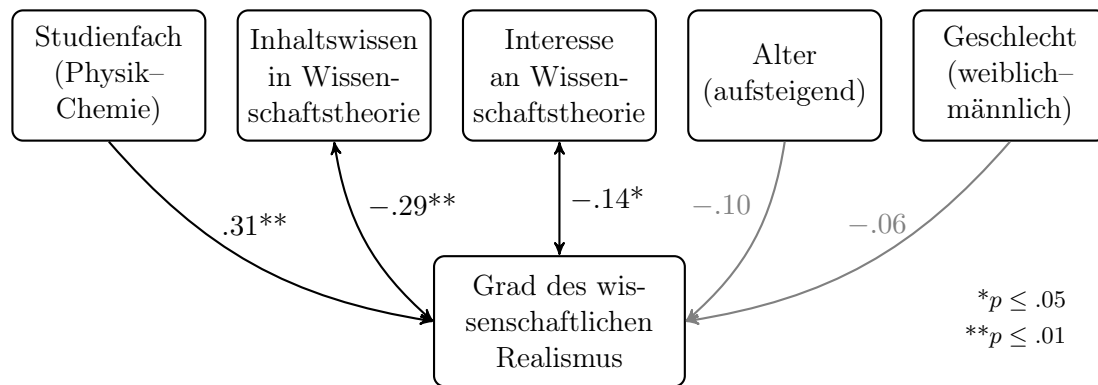


Abbildung 8.7: Größen der  $\beta$ -Gewichte der fünf Variablen aus der linearen Regression des DSR (siehe Tabelle 8.18).

Zusammenhang (siehe Tabelle 8.19). Die Minderung der Korrelation ist jedoch als nicht wesentlich zu betrachten.

Tabelle 8.19: Partielle Korrelation des Grads des wissenschaftlichen Realismus (DSR) und dem Fachhintergrund für die Kontrollvariablen KPS und IPS.

Kontrollvariablen	$r$	95% CI
keine	.32	[.17, .46]
IPS	.31	[.16, .45]
KPS	.29	[.14, .43]
KPS & IPS	.28	[.13, .41]

In einem weiteren Schritt werden zwei separate Regressionen des DSR für die beiden Gruppen der angehenden Chemie- und Physiklehrkräfte durchgeführt, um Unterschiede der Fächer im Zusammenhang der Variablen KPS und IPS und der epistemologischen Einstellung zu prüfen. Dabei zeigt sich für die Gruppe der Chemielehrkräfte ein deutlich kleineres Bestimmtheitsmaß ( $R^2_{Chemie}$  [95% CI] = .11 [.00, .23]) als bei den Physiklehrkräften ( $R^2_{Physik}$  [95% CI] = .31 [.11, .47], siehe Tabellen 8.20 und 8.21).

Der Hauptgrund für die geringe Aufklärung der Varianz des DSR bei den Chemielehrkräften findet sich in der Ausprägung des Zusammenhangs des DSR mit dem Interesse in Wissenschaftstheorie. Während bei den Physiklehrkräften sowohl das Inhaltswissen als auch das Interesse an Wissenschaftstheorie einen signifikanten Zusammenhang mit dem DSR aufweisen, zeigt bei den angehenden Chemielehrkräften das Interesse an Wissenschaftstheorie keine Wechselwirkung mit der epistemologischen Einstellung zum wissenschaftlichen Realismus.

Tabelle 8.20: Lineare Regression des DSR für  $n = 96$  angehende Chemielehrkräfte.

Variable	$b$	SE $b$	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach = Chemie						
KPS	-.18	.07	-.28	[-.46, -.08]	-2.71	.01
IPS	-.01	.04	-.01	[-.21, .20]	-.04	.96
Alter	-.03	.02	-.12	[-.31, .09]	-1.15	.25
Geschlecht	-.07	.20	-.03	[-.24, .17]	-.32	.75

$$R^2 [95\% \text{ CI}] = .11 [.00, .23]; F(3, 88) = 2.48; , p = .04$$

Tabelle 8.21: Lineare Regression des DSR für  $n = 68$  angehende Physiklehrkräfte.

Variable	$b$	SE $b$	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach = Physik						
KPS	-.26	.09	-.33	[-.52, -.10]	-2.97	< .01
IPS	-.18	.05	-.37	[-.56, -.15]	-3.32	< .01
Alter	-.04	.03	-.14	[-.36, .10]	-1.29	.20
Geschlecht	-.23	.23	-.11	[-.34, .13]	-1.01	.32

$$R^2 [95\% \text{ CI}] = .31 [.11, .47]; F(3, 61) = 6.75, p < .01$$

### Mehrfaktorielle Analyse der Varianz

Nach der Berechnung der Regressionskoeffizienten und der Bestimmtheitsmaße wird eine ANOVA der Variable DSR durchgeführt. In dieser Rechnung können die Interaktionseffekte der Variablen gesondert berechnet werden. Wegen der Begrenzung der Faktoren werden lediglich die Variablen, die in der Regression signifikante Zusammenhänge aufweisen, in die Rechnung aufgenommen (studiertes Fach, KPS und IPS). Weiterhin werden die beiden Variablen KPS und IPS in Quartile unterteilt, um die Anzahl der Faktorstufen zu limitieren. Die Personen des Quartils der niedrigsten Scores erhalten den Wert 1, diejenigen mit den höchsten den Wert 4. Ein Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt eine Verzerrung der Varianzen, die aber nicht signifikant auf dem Level  $\alpha = .05$  ist ( $F(31, 131) = 1.50$ ;  $p = .07$ ).

Die Anzahl der sich aus den Interaktionen ergebenden Freiheitsgrade kann in Tabelle 8.22 eingesehen werden. Dort finden sich auch die Summen der Mittelwerte und die Kennwerte der  $F$ -Test-Statistik. Alle drei verwendeten Variablen zeigen signifikante Zusammenhänge mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus. Die Interaktionseffekte zwischen den Variablen hingegen sind nicht signifikant, was aber auf die große Anzahl der Freiheitsgrade ( $df = 9$ ) in Hinblick auf den Stichprobenumfang zurückgeführt werden kann.

Tabelle 8.22: ANOVA: Test der Subjekt- und Zwischensubjekteffekte in Bezug auf die abhängige Variable Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR). Subjekte sind das studierte Fach sowie die Quartile von KPS und IPS.

	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
Korrigiertes Modell	74.15	31	2.39	2.80	< .01	.40
Konstanter Term	25.20	1	25.20	29.49	< .01	.18
Fach	6.80	1	6.90	7.96	.01	.06
KPS	7.24	3	2.41	2.83	.04	.06
IPS	18.64	3	6.21	7.27	.00	.14
Fach * KPS	1.36	3	.45	.52	.67	.01
Fach * IPS	2.29	3	.76	.89	.45	.02
KPS * IPS	4.81	9	.54	.63	.77	.04
Fach * KPS * IPS	8.95	9	.99	1.16	.32	.07

$R^2 = .40$ ; korrigiertes  $R^2$  [95% CI] = .25 [.12, .35]

Für den Zusammenhang des DSR mit dem Fach ergibt sich die Effektstärke  $\eta = .24$ , für die Variable KPS  $\eta = .24$  sowie für IPS  $\eta = .37$ . Nach Bortz (2005) repräsentieren Effektstärken ab .10 kleine, ab .25 mittlere und ab .40 große Effekte. Es lässt sich festhalten, dass die Gewichte und Bestimmtheitsmaße aus Regression und ANOVA ähnliche Größen aufweisen.

### Interaktionseffekte

Um die Unterschiede der Zusammenhänge von Inhaltswissen und Interesse in Wissenschaftstheorie in Bezug auf das studierte Fach zu verdeutlichen, sind in Abbildung 8.8 die Profildigramme für die in Quartile unterteilten Variablen **KPS** und **IPS** dargestellt. Im Wesentlichen handelt es sich um eine ordinale Interaktion der Variablen, allerdings ist keine strenge Monotonie zu erkennen. Einzelne Quartile zeigen eine hybride Interaktion (vgl. Bortz, 2005, S. 301), die aber wegen der geringen Größe des Gesamtsamples nicht gesichert werden kann.

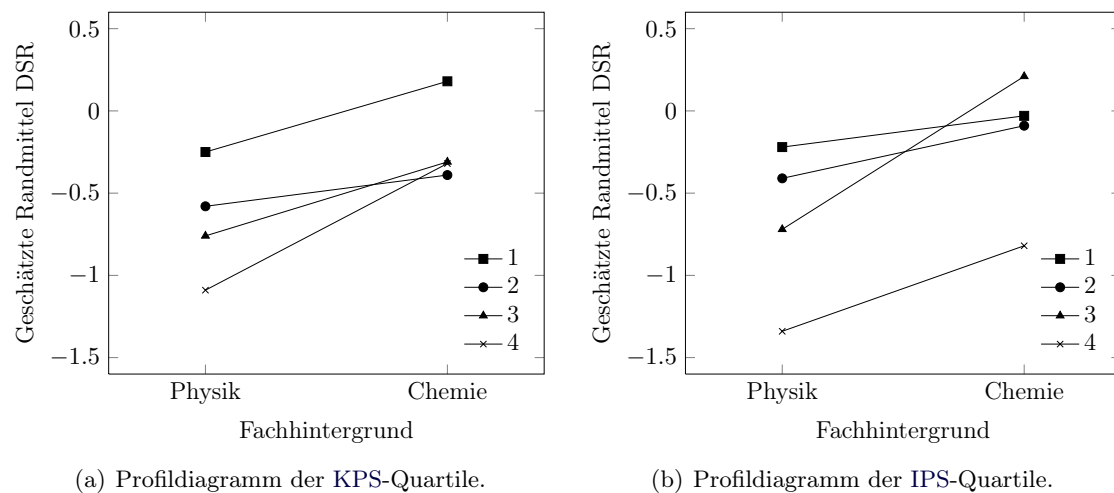


Abbildung 8.8: Profildigramme für die Variablen (a) **KPS** und (b) **IPS** auf den Grad des wissenschaftlichen Realismus im Kontrast angehender Physik- sowie Chemielehrkräfte.

## Zusammenfassung Forschungsfrage 1

Ein Vergleich der Mittelwerte des DSR von angehenden Physik- und Chemielehrkräften zeigt einen unkontrollierten Effekt von Cohens  $d = .69$ . Absolventinnen und Absolventen eines Lehramtsstudiums der Chemie vertreten eine eher realistische Einstellung gegenüber wissenschaftlichen Theorien und Entitäten. Unter Einbezug der Variablen Inhaltswissen in und Interesse an Wissenschaftstheorie verringert sich dieser Effekt jedoch. Generell sind angehende Lehrkräfte des Faches Physik mehr an wissenschaftstheoretischen Themen interessiert und weisen ein größeres Inhaltswissen in dieser Domäne auf. Beide Variablen zeigen einen zusätzlichen negativen Einfluss auf den Grad des wissenschaftlichen Realismus. Die [Hypothese 1.1](#) kann auf Grundlage der empirischen Befunde nicht abgelehnt werden.

Die Assoziationsstudie zu Universalien der Wissenschaftstheorie zeigt große Unterschiede zwischen angehenden Chemie- und Physiklehrkräften. Bei der Nennung von Beispielen für bestimmte Universalien tendieren die teilnehmenden Personen dazu, Begriffe aus dem Kontext ihres studierten Faches zu nennen. Diese Ergebnisse beleuchten die des Fragebogens dahingehend, dass das Denken in fachlichen Strukturen und den jeweiligen Theorien und Begriffen die Einstellung bezüglich allgemeiner wissenschaftstheoretischer Aussagen beeinflusst. Die u. a. von [Eisvogel \(1994\)](#) (Theorien beeinflussen die Einstellungen) und [Bensaude-Vincent \(2009\)](#) (Einstellungen beeinflussen die Theorien) aufgestellten Thesen eines domänenspezifischen Denkstils werden durch die hohen Effektstärken der Assoziationsstudie zu Universalien weiter gestützt.

Insgesamt lassen sich etwa 26 % der Varianz des Grades des wissenschaftlichen Realismus durch die Variablen „studiertes Fach“, Inhaltswissen und Interesse in Wissenschaftstheorie erklären. Ein wesentlicher Unterschied bei der Aufklärung der Varianz ist zwischen den Fächern zu erkennen. Während bei den angehenden Physiklehrkräften das Interesse in Wissenschaftstheorie einen hohen Anteil zur Varianzaufklärung beiträgt, kann dieser Zusammenhang für die Chemielehrkräfte nicht nachgewiesen werden. Die [Hypothese 1.2](#), der Einfluss des Inhaltswissens in Wissenschaftstheorie, kann nicht abgelehnt werden, wohingegen die [Hypothese 1.3](#) zumindest teilweise zurückgewiesen werden muss: Für angehende Lehrkräfte des Faches Chemie zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang des DSR mit dem Interesse an Wissenschaftstheorie.



## 8.5 Inferenzstatistische Analyse zu Forschungsfrage 2

Die zweite Forschungsfrage dieser Arbeit zielt auf die Zusammenhänge des Grades des wissenschaftlichen Realismus mit dem fachdidaktischen Themenbereich Modelle im Unterricht.

Das diesbezüglich aufgestellte Modell der Zusammenhänge von DSR und den drei Aspekten zu Modellen im Unterricht aus Abschnitt 5.2 (siehe Abbildung 8.9) wird mithilfe explorativer Pfadanalysen für alle Skalen des Fragebogens zu Modellen geprüft (vgl. dazu Reinecke, 2005, S. 46ff). Hierbei gilt es zu beachten, dass die regressive, explorative Pfadanalyse keine kausalen Wirkrichtungen diskriminiert. Direkte Einflüsse können lediglich aus theoretischen Postulaten abgeleitet werden. Es kann beispielsweise begründet werden, dass etwa das studierte Fach nicht von der epistemologischen Einstellung einer Person abhängt. In dieser Hinsicht kann eine eindeutige Wirkrichtung angenommen werden.

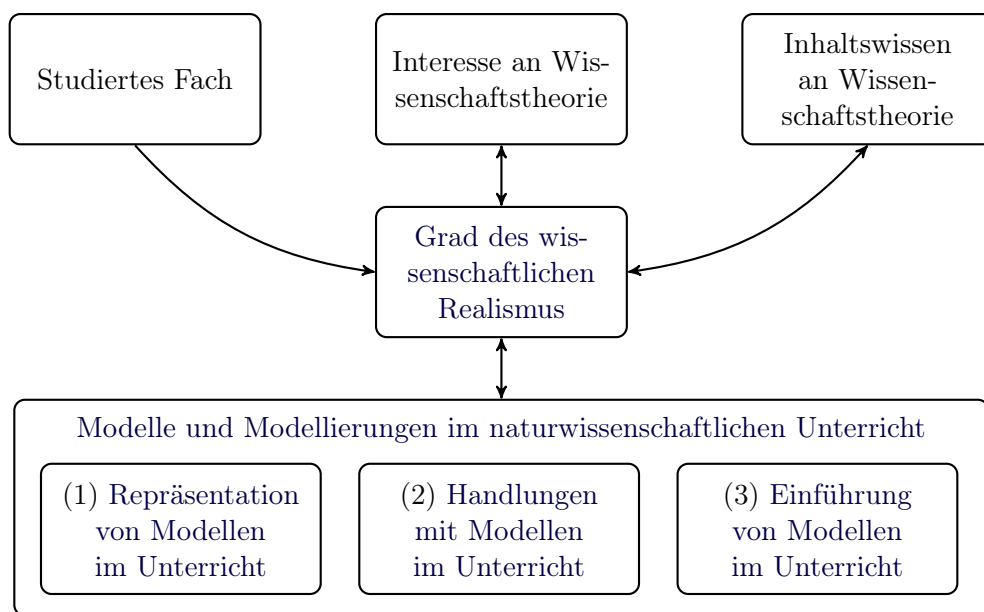


Abbildung 8.9: Modell des Zusammenhangs vom Grad des wissenschaftlichen Realismus mit Modellen und Modellierungen naturwissenschaftlicher Lehrkräfte im Unterricht (siehe Abschnitt 5.2).

### 8.5.1 Hypothese 2.1

Die erste Hypothese der **Forschungsfrage 2** behandelt den Zusammenhang von wissenschaftlichem Realismus und der Repräsentation von Modellen im Unterricht:

*H2.1 Die Art der Repräsentationen von Modellen steht in Zusammenhang mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus.*

#### Skalen zur Repräsentation von Modellen im Unterricht

Zur Evaluation des Zusammenhangs der Repräsentation von Modellen im Unterricht und dem **DSR** werden zunächst die Pearson-Korrelationen der Skalen **MA** („Models as exact replicas / multiple representations“) und **MK** („Social context of models“) mit dem **DSR** berechnet. Es zeigen sich signifikante Korrelationen von  $r = .27 / -.29$ , die Konfidenzintervalle können in Tabelle 8.23 eingesehen werden.

Tabelle 8.23: Pearson-Korrelationen und 95% CI der Skalen zur Erfassung des Aspektes (1) **Repräsentation von Modellen im Unterricht** mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus (**DSR**).

	MA <sup>#</sup>	MK
<b>DSR</b>	.27** [.13, .40]	-.29** [-.42, .15]

<sup>#</sup>MA: Models as multiple representations / exact replicas  
 MK: Social context of models  
 \*\* $p \leq .01$

Zur besseren Darstellung der Zusammenhänge werden aus den **DSR**-Werten Quartil-Zugehörigkeiten berechnet und gegen die beiden Skalen **MA** und **MK** aufgetragen. Bei der Analyse der Kontraste ist zu erkennen, dass realistischere Lehrkräfte zu einer direkteren Repräsentation von Modellen im Unterricht tendieren, d. h. ihrer Meinung nach sind Modelle eher Abbilder, die mindestens eine Ähnlichkeit zum Phänomen / Zielobjekt aufweisen. Einer bildlichen oder funktionalen Analogie zwischen Objekt und Modell wird von ihnen häufiger zugestimmt als von antirealistisch denkenden Lehrkräften (siehe Abbildung 8.10).

Bezüglich der in Abbildung 8.11 dargestellten Kontraste der Skala „Social context of models“ ist festzustellen, dass für eher antirealistische Lehrkräfte Kreativität und die Ideen von Forschern eine gewichtige Rolle bei der Modellierung von Phänomenen spielen. Lehrkräfte mit einem hohen Grad an wissenschaftlichem Realismus halten diese Einflüsse für weniger wichtig. Der soziale Kontext wird eher unabhängig vom wissenschaftlichen Modell angesehen.

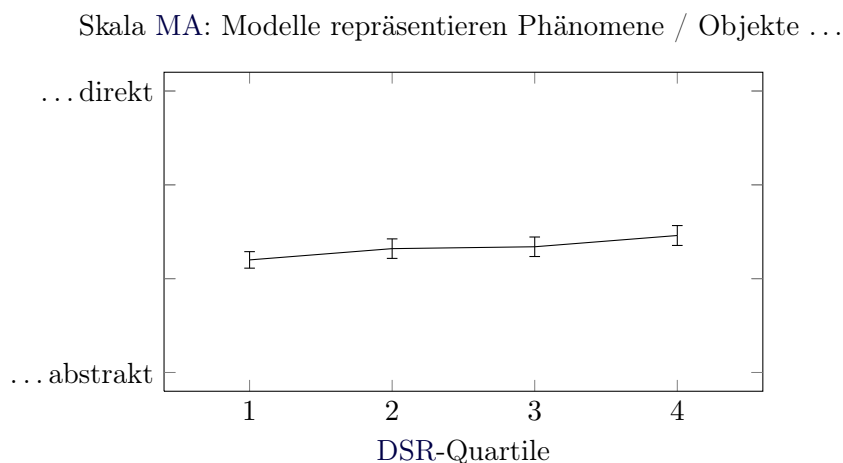


Abbildung 8.10: Kontraste der vier DSR-Quartile (1: antirealistisch bis 4: realistisch) hinsichtlich der Skala MK. Fehlerbalken: 95% CI.

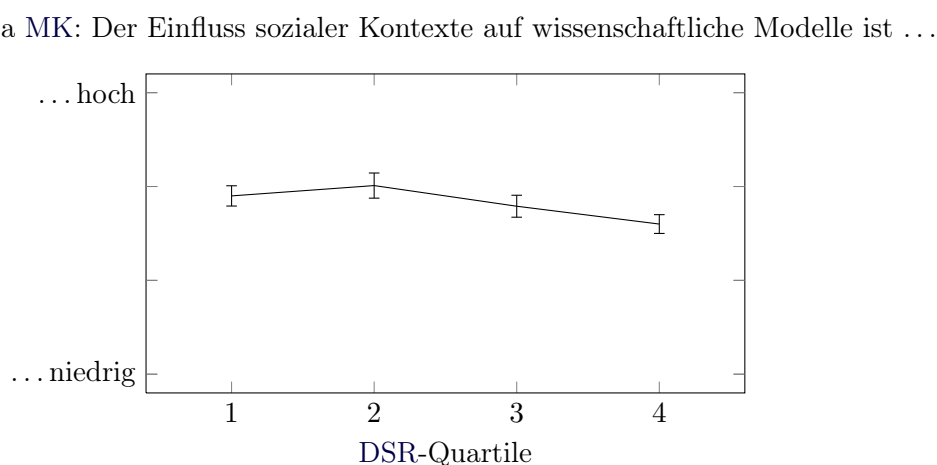


Abbildung 8.11: Kontraste der vier DSR-Quartile (1: antirealistisch bis 4: realistisch) hinsichtlich der Skala MK. Fehlerbalken: 95% CI.

### Modellprüfung Repräsentation von Modellen im Unterricht

Nach der Analyse der korrelativen Zusammenhänge der Skalen mit dem DSR folgt eine explorative Pfadanalyse des aufgestellten Modells (siehe Abbildung 8.9). Nach der Z-Standardisierung sämtlicher Größen wird im ersten Schritt der Analyse in einer linearen Regression der Pfad von den unabhängigen zur latenten Variable DSR berechnet. Dabei stellen sich alle drei unabhängigen Variablen wie schon in Abschnitt 8.4.2 als signifikant mit dem DSR korrelierend heraus<sup>15</sup> (siehe Tabelle 8.24).

<sup>15</sup>Die Unterschiede der  $\beta$ -Gewichte in Tabelle 8.18 und Tabelle 8.24 sind durch die Hinzunahme der Variablen „Alter“ und „Geschlecht“ bedingt.

Tabelle 8.24: Lineare Regression der latenten Variable **DSR** in Abhängigkeit von Fachhintergrund, Inhaltswissen und Interesse in Wissenschaftstheorie als Pfadgewichte zu den unabhängigen Variablen der Modellskalen.

	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach	.27	[.12, .41]	3.78	< .01
KPS	-.27	[-.42, -.12]	-3.73	< .01
IPS	-.19	[-.36, -.04]	-2.61	.01

$R^2$  [95% CI] = .22 [.10, .33];  $F(3, 159) = 14.83, p < .01$

Im zweiten Schritt wird der Gesamteinfluss der unabhängigen und der latenten Variable auf die Modellskalen **MA** und **MK** in zwei unabhängigen Regressionen überprüft. Die Ergebnisse der Rechnungen sind in den Tabellen 8.25 und 8.26 aufgeführt.

Tabelle 8.25: Lineare Regression der Pfadgewichte auf die unabhängige Variable **MA**: „Models as exact replicas“.

	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach	-.11	[-.26, .05]	1.32	.19
KPS	.06	[-.10, .21]	-.77	.44
IPS	.02	[-.14, .18]	-.31	.75
DSR	.36	[-.22, -.49]	-4.17	< .01

$R^2$  [95% CI] = .11 [.02, .20];  $F(4, 158) = 4.50, p < .01$

Tabelle 8.26: Lineare Regression der Pfadgewichte auf die unabhängige Variable **MK**: „Social context of models“.

	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach	-.08	[-.23, .08]	1.02	.31
KPS	-.06	[-.21, .10]	.70	.49
IPS	-.06	[-.21, .10]	.79	.43
DSR	-.33	[-.46, -.18]	3.81	< .01

$R^2$  [95% CI] = .12 [.03, .21];  $F(4, 156) = 5.04, p < .01$

Bei der Analyse der Pfadgewichte zeigen sich die unabhängigen Variablen „studiertes Fach“, **IPS** und **KPS** als weniger in direktem Zusammenhang mit den Modell-Skalen **MA** und **MK** stehend, als der Grad des wissenschaftlichen Realismus (siehe Abbildung 8.12). Der **DSR** nimmt somit die Rolle einer Mediatorvariable in Bezug auf die Repräsentation von Modellen im Unterricht ein.

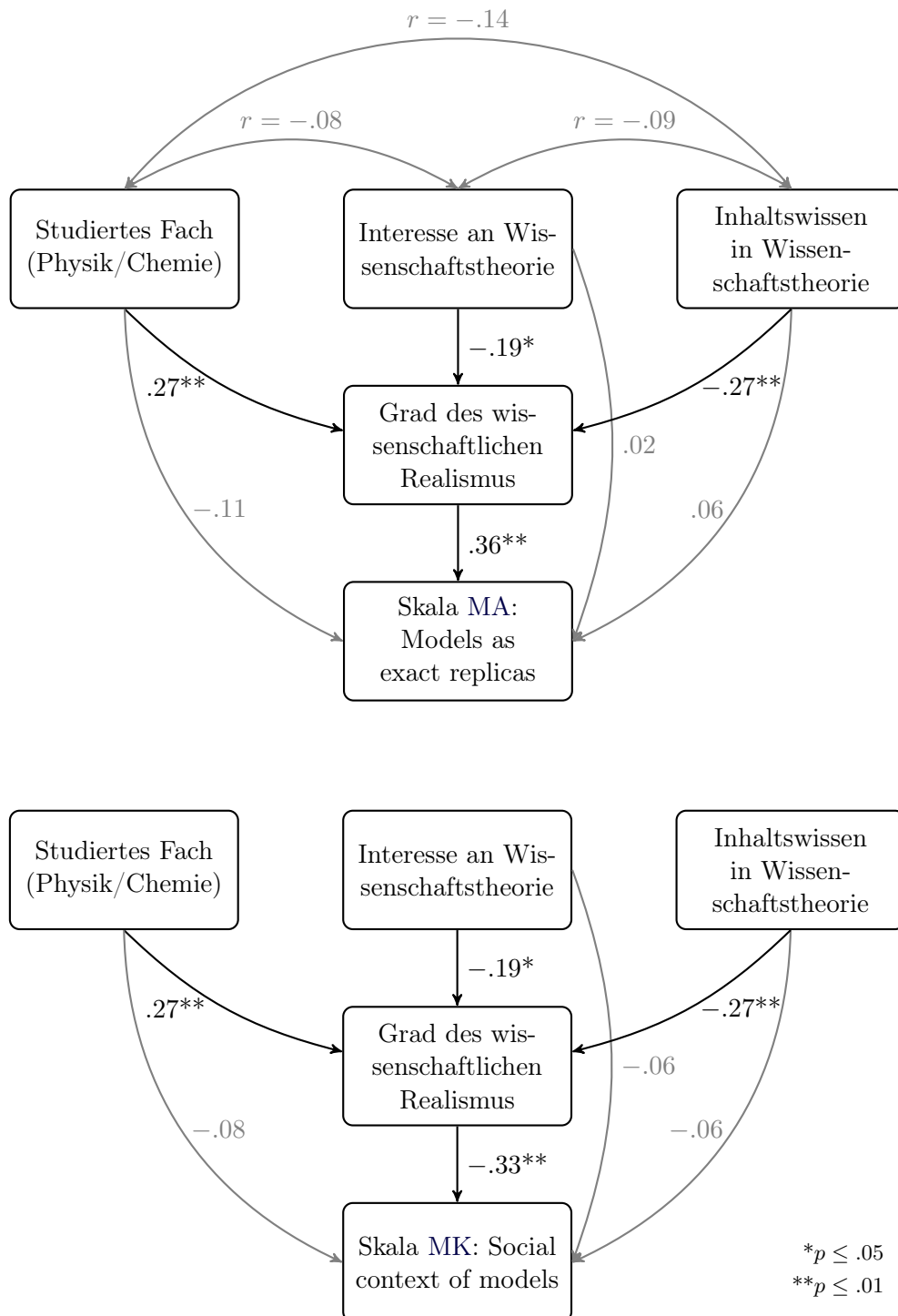


Abbildung 8.12: Pfadanalyse der Skalen MA „Models as exact replicas / multiple representations“ und MK „Social context of models“ in Bezug auf die Variablen „studiertes Fach“, IPS, KPS und DSR. Alle dimensionslosen Angaben sind standardisierte  $\beta$ -Gewichte.

### 8.5.2 Hypothese 2.2

Die zweite Hypothese hinsichtlich Modellen und Modellierungen bezieht sich auf die Wechselwirkung von DSR und den Handlungen einer Lehrkraft mit Modellen im Unterricht:

*H2.2 Die Handlungen mit Modellen im Unterricht stehen in Zusammenhang mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus.*

#### Skalen zu Handlungen mit Modellen im Unterricht

Die Skalen zu Handlungen mit Modellen im Unterricht MBa („Discussing and reflecting on models; teacher-directed mode“) und MBb („Designing and developing models; teacher-directed mode“) zeigen ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang zum DSR. Die Pearson-Korrelationen liegen bei  $r = -.16/- .18$  (siehe Tabelle 8.27).

In den Abbildungen 8.13 und 8.14 sind analog zu den Skalen der Repräsentation von Modellen die Kontraste der DSR-Quartile gegen die Skalen MBa und MBb zur Verdeutlichung des Zusammenhangs aufgetragen.

Es lassen sich Zusammenhänge des Grades des wissenschaftlichen Realismus einer Person und deren Handlungen mit Modellen im Unterricht festhalten. Je weniger realistisch die wissenschaftstheoretische Einstellung einer Lehrkraft, desto häufiger diskutiert sie im Unterricht über das Wesen von Modellen. Weiterhin spricht sie häufiger allgemeine Eigenschaften von Modellen an. Die Zusammenhänge sind allerdings etwas geringer als im Bereich Repräsentation von Modellen.

Tabelle 8.27: Pearson-Korrelationen und 95% CI der Skalen zur Erfassung des Aspektes (2) **Handlungen mit Modellen im Unterricht** mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus (DSR).

	MBa <sup>#</sup>	MBb
DSR	-.16* [-.30, -.02]	-.18* [-.31, -.03]

<sup>#</sup>MBa: Discussing and reflecting on models

MBb: Designing and developing models

\*  $p \leq .05$

## Skala MBa: Diskutieren und Reflektieren von Modellen im Unterricht

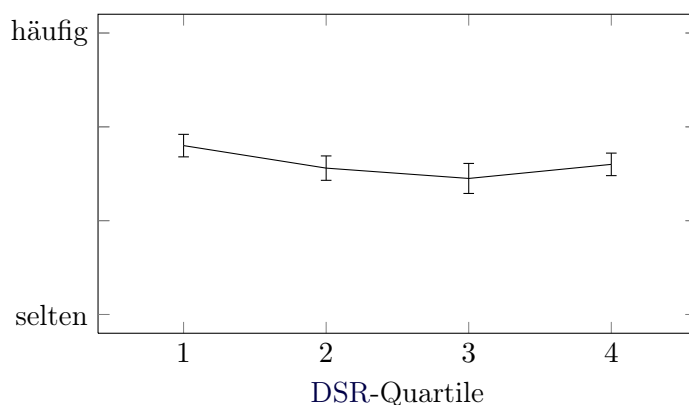


Abbildung 8.13: Kontraste der vier DSR-Quartile (1: antirealistisch bis 4: realistisch) hinsichtlich der Skala MBa. Fehlerbalken: 95% CI.

## Skala MBb: Entwerfen und Entwickeln von Modellen im Unterricht

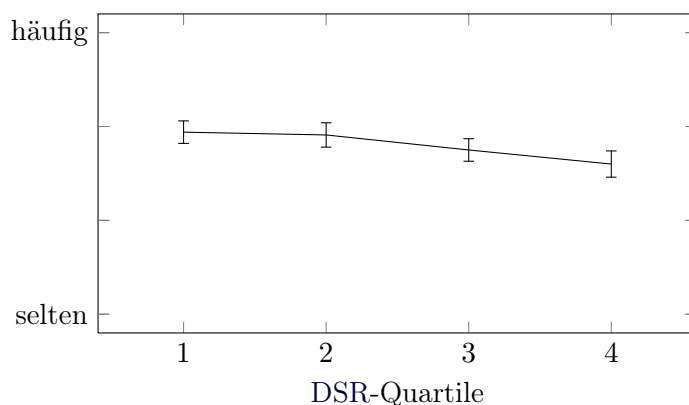


Abbildung 8.14: Kontraste der vier DSR-Quartile (1: antirealistisch bis 4: realistisch) hinsichtlich der Skala MBb. Fehlerbalken: 95% CI.

### Modellprüfung Handlungen mit Modellen im Unterricht

Für den Aspekt Handlungen mit Modellen im Unterricht lassen sich ebenfalls über Pfadanalysen die Zusammenhänge zwischen den Modell-Skalen MBa sowie MBb und den unabhängigen Variablen „studiertes Fach“, IPS und KPS unter Berücksichtigung der mittelnden Variable DSR bestimmen. Es lassen sich – analog zu den Skalen des Aspektes „Repräsentation von Modellen“ – weniger starke direkte Zusammenhänge der unabhängigen Variablen erkennen. Die mittelnde Variable DSR allerdings zeigt einen substanziellen Zusammenhang mit der Skala MBb (siehe Abbildung 8.15). Der Zusammenhang des DSR und der Skala MBa ist nicht signifikant. Ein Grund dafür kann allerdings in der mangelnden internen Konsistenz der Skala liegen (siehe Abschnitt 8.3.5). Die Bestimmtheitsmaße der Regressi-

on sind für beide Skalen MBa und MBb nicht signifikant, die  $p$ -Werte sind jedoch kleiner als .10.

Tabelle 8.28: Lineare Regression der Pfadgewichte auf die unabhängige Variable MBa: „Discussing and reflecting on models“.

	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach	-.10	[-.25, .06]	1.20	.23
KPS	-.04	[-.19, .12]	.46	.65
IPS	.07	[-.09, .23]	-.97	.36
DSR	-.16	[-.31, .01]	1.77	.08

$R^2$  [95% CI] = .05 [.00, .11];  $F(4, 158) = 2.17$ ,  $p = .07$

Tabelle 8.29: Lineare Regression der Pfadgewichte auf die unabhängige Variable MBb: „Designing and developing models“.

	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach	.05	[-.11, .20]	-.61	.54
KPS	-.12	[-.27, .04]	1.46	.15
IPS	-.03	[-.19, .13]	.34	.73
DSR	-.26	[-.40, -.11]	2.97	.01

$R^2$  [95% CI] = .06 [.00, .13];  $F(4, 158) = 2.32$ ,  $p = .06$



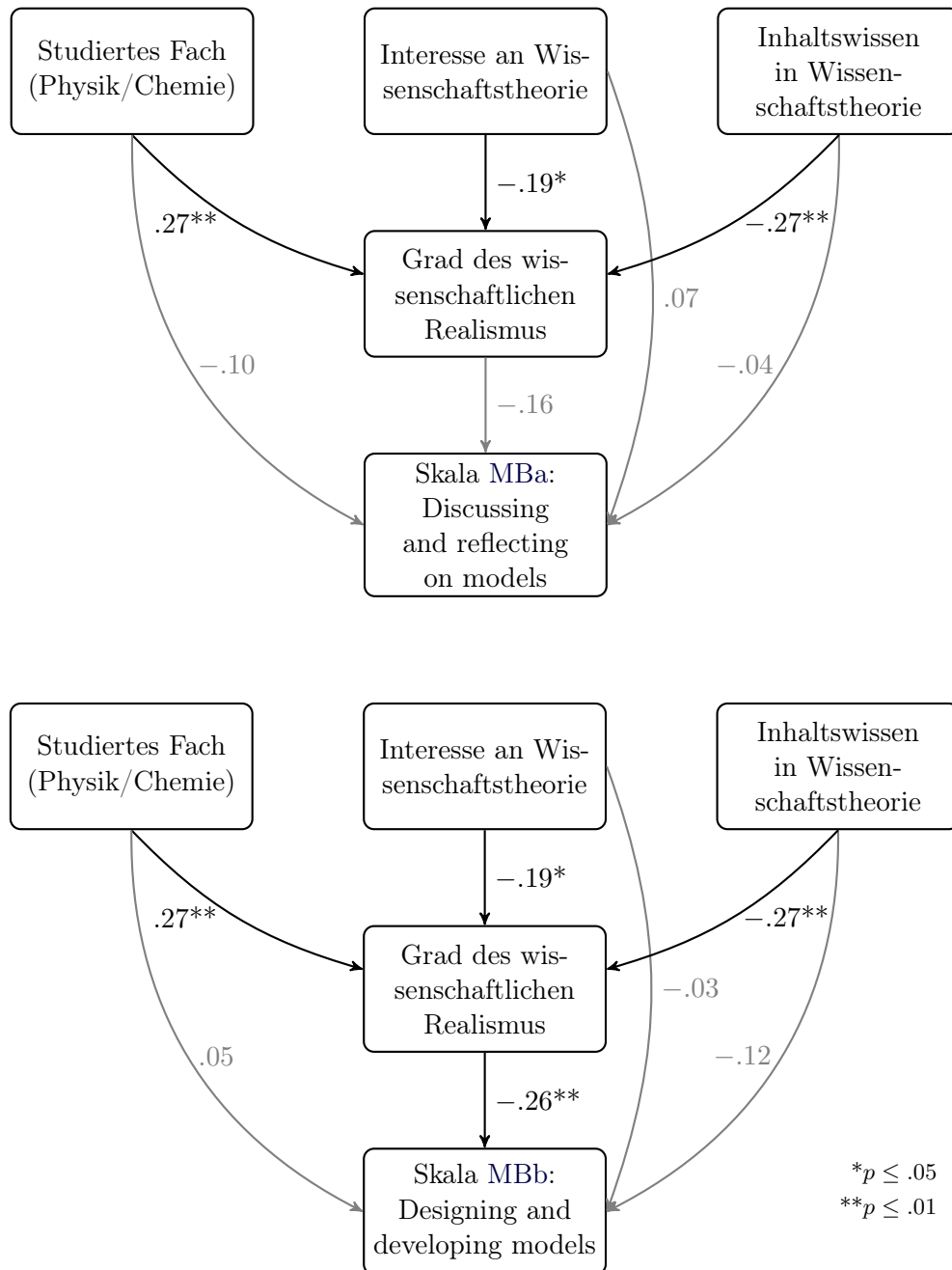


Abbildung 8.15: Pfadanalyse der Skalen **MBa** „Discussing and reflecting on models“ und **MBb** „Designing and developing models“. Die Korrelationen zwischen „studiertem Fach“, **IPS** und **KPS** können Abbildung 8.12 entnommen werden.

### 8.5.3 Hypothese 2.3

Die dritte Hypothese zu Modellen und Modellierungen bezieht sich auf die Einführung von Modellen im Unterricht. Dabei wird in der Literatur zwischen impliziter und expliziter Einführung unterschieden (siehe Abschnitt 4.2):

*H2.3 Die bevorzugte Art der Einführung in das Thema Modelle steht in Zusammenhang mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus.*

#### Skala zur Einführung in das Thema Modelle im Unterricht

Um die Hypothese zu prüfen, wird die Skala MD mit dem DSR in Beziehung gesetzt. Dabei zeigt sich eine nicht-signifikante Pearson-Korrelation von  $r$  [95% CI] =  $-.02$  [ $-.17, .13$ ]. Die einzelnen Items korrelieren ebenfalls nicht signifikant mit dem DSR.

Die Korrelation zwischen der bevorzugten Einführung in das Thema Modelle im Unterricht und dem DSR zeigt einen sehr geringen Zusammenhang der Variablen. Eine explorative Analyse der Pfade unterstreicht die Unabhängigkeit der Konstrukte (siehe Abbildung 8.16). Die größte Prädiktion der bevorzugten Einführung in das Thema Modelle im Unterricht stellt das Interesse an Wissenschaftstheorie dar ( $\beta = -.16$ ,  $p = .05$ , siehe Tabelle 8.30). Je weniger interessiert eine Person an wissenschaftstheoretischen Themen ist, desto eher ist sie geneigt, die Charakteristika von Modellen zu reduzieren und nicht explizit zu behandeln. Im Gegensatz dazu neigen Personen hohen wissenschaftstheoretischen Interesses dazu, Modelle vertieft und explizit zu behandeln. Bei der Bewertung der Gewichtung des Verständnisses von Fachinhalten oder Modellen tendieren sie eher zu einer Schwerpunktlegung im Modell-Bereich. Der Zusammenhang ist allerdings sehr schwach.

Tabelle 8.30: Lineare Regression der Pfadgewichte auf die unabhängige Variable MD: „Einführung in das Thema Modelle im Unterricht“.

	ZSTD- $\beta$	95% CI	T	$p$
Fach	.05	[ $-.11, .20$ ]	.66	.51
KPS	.05	[ $-.10, .20$ ]	.59	.56
IPS	-.16	[ $-.31, -.01$ ]	-1.99	.05
DSR	-.06	[ $-.21, .10$ ]	-.67	.51

$R^2$  [95% CI] = .03 [.00, .08];  $F(4, 152) = 1.18$ ,  $p = .32$

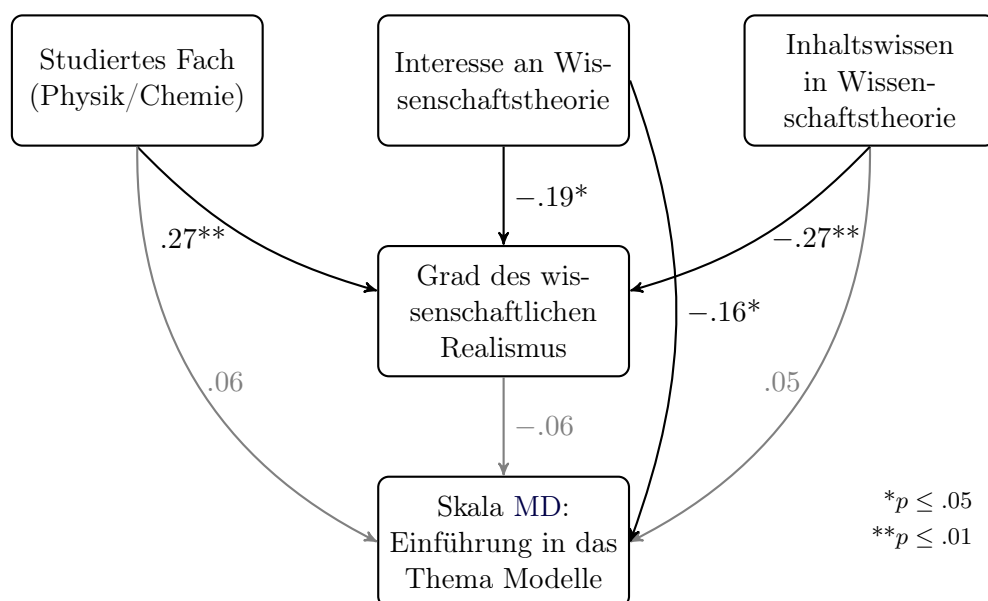


Abbildung 8.16: Pfadanalyse der Skala MD „Einführung in das Thema Modelle im Unterricht“.

### Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe

Zur Prüfung der Abhängigkeit der Modelldefinition von der zu unterrichtenden Klassenstufe werden mit der Skala MC nacheinander vier Merksätze zum Thema Modelle gegeben und die Adäquatheit dieser in Bezug auf die Mittel- und Oberstufe abgefragt. Die deskriptive Analyse der Skala zeigt erhebliche Defizite, so dass eine Auswertung zwar möglich, jedoch unbedingt kritisch zu betrachten ist (siehe Abschnitt 8.3.5).

Es zeigen sich lediglich Differenzen in der Beantwortung der Items MC1a / MC2a: „Ein Globus ist ein Modell, das die Erde in kleinerem Maßstab repräsentiert.“ (siehe Tabelle 8.31 und Abbildung 8.17). Die direkte Repräsentation in Item MC1 wird zwar in der Mittelstufe als eher adäquat bezeichnet, für Lernende der Oberstufe jedoch überwiegend abgelehnt.

Die Zusammenhänge zwischen dem DSR und der Adäquatheit der Merksätze sind durchweg negativ, d. h. bei antirealistischer Einstellung werden Merksätze sowohl für die Mittel- als auch für die Oberstufe generell als weniger adäquat angesehen. Diese Ergebnisse decken sich mit dem theoretischen Ansatz „no truth“ des wissenschaftlichen Antirealismus (vgl. Abschnitt 2.4). Alle Pearson-Korrelationen zwischen dem DSR und der Abhängigkeit der Modelldefinition von der Klassenstufe finden sich in Tabelle 8.32.

Tabelle 8.31: Vergleich der Antworten hinsichtlich der Adäquatheit von Merksätzen zu Modellen für die Mittel- und die Oberstufe:  $t$ -Test-Statistiken für verbundene Stichproben.

Ein Globus ist ein ...	Mittelwerte <sup>a</sup>		$\Delta M$	95% CI	T	$p$
	MS	OS				
...Modell, das die Erde in einem kleineren Maßstab repräsentiert.	2.85	2.18	-.67	[-.81, -.54]	-9.53	< .01
...Modell von der Vorstellung, die Menschen von einigen Eigenschaften des Planeten haben.	2.19	2.20	.01	[-.14, .15]	.08	.94
...Modell, welches einige, wenn auch nicht alle Eigenschaften der Erde repräsentiert.	2.91	2.95	.04	[-.09, .18]	.64	.52
...mögliches Modell von der Erde.	2.56	2.65	.09	[-.06, .23]	1.15	.25

<sup>a</sup>MS: Mittelstufe; OS: Oberstufe; Kodierung: 1 – nicht adäquat, 4 – adäquat

Tabelle 8.32: Pearson-Korrelationen und 95% CI zwischen der Adäquatheit von Merksätzen in bestimmten Klassenstufen und dem Grad des wissenschaftlichen Realismus.

Skala	Mittelstufe	Oberstufe
DSR	.49 [.37, .60]	.56 [.45, .65]
Mittelstufe		.49 [.37, .60]

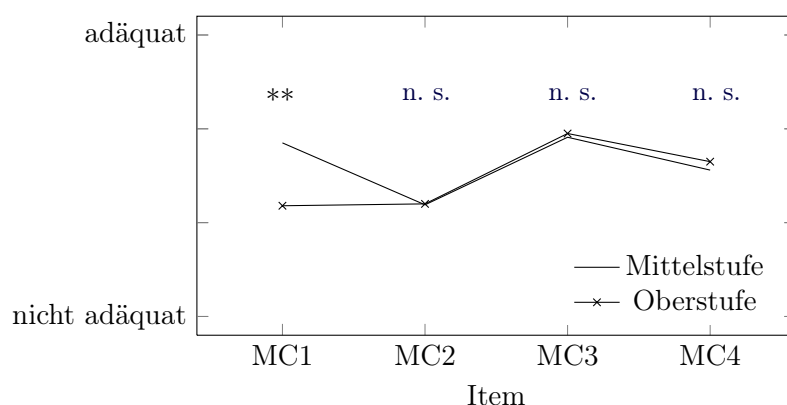


Abbildung 8.17: Antwortschemen auf die Items zur Abhängigkeit der Klassenstufe auf die Modellrepräsentation im Unterricht (MC). Die Items sind in Tabelle 8.31 abgedruckt (\*\* $p \leq .01$ ).

### 8.5.4 Clusteranalyse der Modellskalen

Nach der Untersuchung der Zusammenhänge der fünf Skalen MA, MK, MBa und MBb und MD mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus wird eine Clusteranalyse durchgeführt, um mehr Informationen über bestimmte Typen von Lehrkräften bei Modellen und Modellierungen im Unterricht zu erhalten. Die geringen Pearson-Korrelationen der Skalen aus der deskriptiven Analyse (siehe Tabelle 8.13) weisen darauf hin, dass es sich nicht um direkte, lineare Zusammenhänge zwischen den Skalen handelt, sondern vielmehr bestimmte Antwortmuster vorherrschen.

Zunächst wird aufgrund des mangelnden Zusammenhangs mit dem DSR die Skala zur Einführung in das Thema Modelle (MD) aus der Analyse exkludiert. Anschließend folgt die Bestimmung der optimalen Anzahl von Clustergruppen mit einer hierarchischen Ward-Analyse über das quadrierte euklidische Distanzmaß. Die Anzahl der gültigen Fälle beträgt  $n = 165$ . Die Ward-Koeffizienten der Cluster werden gegen die Anzahl der Clustergruppen  $2 \leq c \leq 10$  aufgetragen und der Ellenbogen des Graphen bestimmt (siehe Abbildung 8.18). Eine Optimum ist bei  $c = 3$  Gruppen gegeben.

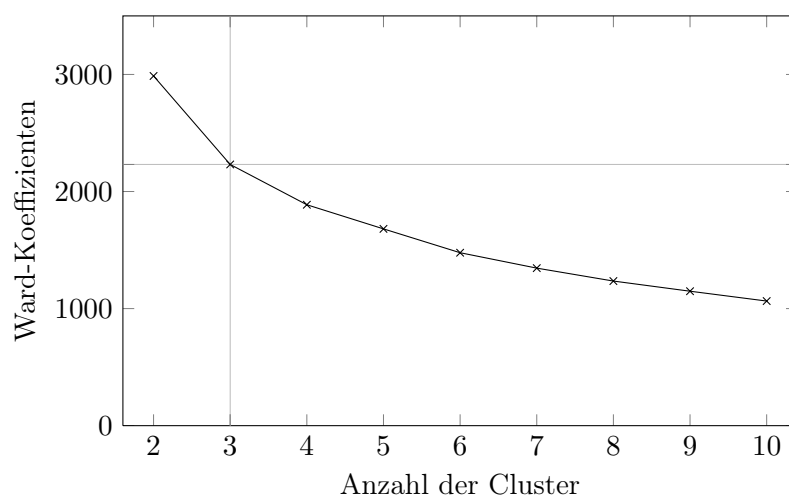


Abbildung 8.18: Bestimmung der optimalen Clusteranzahl mit einer hierarchischen Ward-Analyse ( $n = 165$ ). Der Ellenbogen markiert die Clusteranzahl  $c = 3$ .

Die anschließende Bestimmung der Clusterzugehörigkeit wird mithilfe eines  $k$ -means-Algorithmus durchgeführt<sup>16</sup>. Es ergeben sich die drei ähnliche Gruppengrößen  $n_{C1} = 57$ ,  $n_{C2} = 59$  sowie  $n_{C3} = 49$ . Die Clusterzugehörigkeit der Personen sowie ihre quadratischen euklidischen Distanzen zum Clusterzentrum sind in Anhang G (Seite 206) aufgelistet.

<sup>16</sup>Kennwerte des  $k$ -means-Algorithmus:

Typ: Lloyd; Cluster:  $c = 3$ ; Iterationen: 100; Konvergenzkriterium: 0.

Eine ANOVA der drei Cluster zeigt alle vier Skalen MA, MK, MBa und MBb als signifikant diskriminierend (siehe Tabelle 8.33). Eine graphische Darstellung zur Verdeutlichung der Cluster-Differenzen findet sich in Abbildung 8.19.

Tabelle 8.33: Kontraste der drei Clustergruppen hinsichtlich der vier Skalen zu Modellen und Modellierungen im Unterricht. Angegeben ist der durchschnittliche Item-Score in jeder Skala.

Skala	Cluster (M)			ANOVA	
	C1	C2	C3	F	p
MA	2.02	2.69	2.24	172.23	< .01
MK	2.90	2.80	2.69	3.64	.03
MBa	2.91	2.74	2.29	55.62	< .01
MBb	2.84	2.66	2.22	30.23	< .01

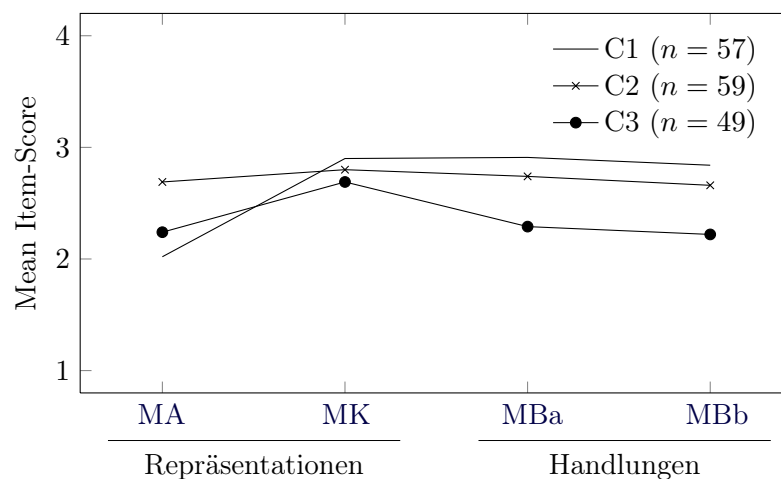


Abbildung 8.19: Kontraste der drei Cluster C1–C3 hinsichtlich der Skalen zu Modellen und Modellierungen im Unterricht.

Die Personen des Clusters C1 weisen im Mittel einen geringen Grad des wissenschaftlichen Realismus von  $DSR_{C1} = -.70$  auf, es folgt Cluster C2 mit  $DSR_{C2} = -.30$  und Cluster C3 mit den eher realistisch eingestellten Personen  $DSR_{C3} = .07$ . Die drei Typen von Lehrkräften hinsichtlich Modellen und Modellierungen im Unterricht zeigen in drei Skalen eine stetige Verteilung. Sowohl in den Skalen MK, als auch in MBa und MBb ist ein kontinuierlicher Zusammenhang zwischen dem DSR und den Modell-Skalen zu erkennen.

Lediglich die Skala MA zeigt ein nicht-stetiges Verhalten: mittel-realistische Lehrkräfte (C2) bevorzugen eher einen direkten Zugang zu Modellen im Unterricht als die Gruppe des realistischen Clusters C3. Damit repräsentieren sie wissenschaftliche Modelle stärker

Tabelle 8.34: Beschreibung der Kontraste der drei Clustergruppen bezüglich des Grades des wissenschaftlichen Realismus (DSR) und den vier Skalen zur Repräsentation von und Handlung mit Modellen im Unterricht.

		Skalen zu Modellen und Modellierungen im Unterricht			
		Repräsentation		Handlungen	
	DSR	Modelle als direkte Repräsentationen (MA)	Sozialer Einfluss auf Modelle (MK)	Diskutieren und Reflektieren von Modellen (MBa)	Entwerfen und Entwickeln von Modellen (MBb)
C1	−.70	abstrakter	größer	häufiger	häufiger
C2	−.30	direkter	mittel	mittel	mittel
C3	.07	mittel	geringer	seltener	seltener

als direkte Kopien oder Abbilder als die realistisch denkenden Lehrkräfte. Gründe hierfür sind in den quantitativen Daten nicht ersichtlich. Eine kurze Zusammenfassung der Antwortschemen ist in Tabelle 8.34 zu finden.

## Zusammenfassung Forschungsfrage 2

Die drei Hypothesen der Forschungsfrage 2 werden aufgrund der empirischen Daten unterschiedlich beantwortet. Zunächst lässt sich festhalten, dass sich signifikante Zusammenhänge zwischen dem Grad des wissenschaftlichen Realismus und den Repräsentationen von Modellen im Unterricht nachweisen lassen und die Hypothese 2.1 nicht falsifiziert werden kann.

Weiterhin steht der DSR in Beziehung mit Handlungen mit Modellen im Unterricht, auch wenn die Korrelationen weniger stark ausfallen. Die Hypothese 2.2 kann zwar nicht verworfen werden, doch zeigt die Regression der Pfadgewichte der Skala zum Diskutieren und Reflektieren von Modellen im Unterricht (MBa) keine Signifikanz bezüglich des Grades des wissenschaftlichen Realismus einer Lehrkraft ( $\beta = -.16$ ,  $p = .08$ ).

Für die aufgestellte Behauptung aus Hypothese 2.3, dass realistische Lehrkräfte eher eine informierende, explizite Einführung in das Thema Modelle im Unterricht bevorzugen kann einer empirischen Überprüfung auf Basis der hier verwendeten Instrumente nicht standhalten.

Mithilfe einer Clusteranalyse können drei Typen von Lehrkräften hinsichtlich ihrer Einstellungen bezüglich wissenschaftlicher Modelle im Unterricht identifiziert werden, die im Wesentlichen stetige Differenzen in den Modell-Skalen sowie in ihrem Grad des wissenschaftlichen Realismus aufweisen. Eine Ausnahme bildet die Skala MA. Hier repräsentiert die Gruppe der mittel-realistisch eingestellten Lehrkräfte Modelle deutlich direkter als die Gruppe mit dem höchsten Grad des wissenschaftlichen Realismus. Mögliche Gründe hierfür sind aus der Datenlage nicht ersichtlich. Die drei weitere Skalen der Clusteranalyse zeigen einen kontinuierlichen Zusammenhang mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus der Clustergruppen.



## 9 Diskussion der Ergebnisse

Die in Kapitel 5 aufgestellten Hypothesen zu den Zusammenhängen der epistemologischen Einstellung mit dem studierten Fach sowie dem Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie und dem Interesse an Wissenschaftstheorie können im Wesentlichen nicht abgelehnt werden. Angehende Lehrkräfte der Chemie teilen epistemologisch realistisichere Positionen als diejenigen der Physik ([Hypothese 1.1](#)). Ein größeres Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie korreliert mit antirealistischen Einstellungen, dies gilt für angehende Lehrkräfte beider Fächer ([Hypothese 1.2](#)). Die Variable Interesse an Wissenschaftstheorie steht ebenfalls in Zusammenhang mit antirealistischen Einstellungen, doch kann dies nur für angehende Lehrkräfte der Physik gezeigt werden ([Hypothese 1.3](#)).

Als nicht signifikant in Beziehung zum Grad des wissenschaftlichen Realismus stehend erweisen sich das Alter und das Geschlecht der Lehrkräfte. Das studierte Zweitfach wird wegen der Anzahl von Kombinationen hinsichtlich der Größe der Gesamtstichprobe als Faktor nicht in Betracht gezogen. Es ist jedoch anzunehmen, dass ein weiteres Studienfach Einfluss auf die wissenschaftstheoretische Position einer Lehrkraft hat.

Der niedrigere Grad des wissenschaftlichen Realismus bei angehenden Physiklehrkräften gegenüber denen des Fachs Chemie deckt sich mit theoretischen Vorarbeiten von [Bensaude-Vincent \(2009\)](#) und [Scerri \(2000c\)](#) aus Kapitel 3 und den bisherigen empirischen Forschungsergebnissen von [Thoermer und Sodian \(2002\)](#).

Weiterhin bestätigt eine Studie zur Assoziation wissenschaftlicher Universalien die These, dass die in den Fragebögen und Testinstrumenten genutzten Begriffe von Lehrkräften unterschiedlicher Fächer mit fachspezifischen Beispielen assoziiert werden. Eine Auswertung der kategorialen Daten zeigt mittlere bis große Effekte hinsichtlich der studierten Fächer Chemie und Physik. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Thesen von [Eisvogel \(1994\)](#).

Eine Schwachstelle der empirischen Instrumente zu [Forschungsfrage 1](#) ist die geringe interne Konsistenz des Tests zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie nach klassischer Testtheorie. Das Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie von Lehrkräften, die lediglich unsystematischen Kontakt zu dieser Domäne der Philosophie aufweisen, lässt sich eher als individuelles oder partikuläres Wissen beschreiben und entzieht sich einer konsistenten

Skalierung auf einer Dimension, wenn ein großes Spektrum an Themenbereichen der Wissenschaftstheorie erfasst werden soll.

Die Berechnung der Zusammenhänge der Variablen aus Forschungsfrage 1 erfolgt in Regressions- und Varianzanalysen, sodass eine kausale Wirkrichtung nicht empirisch bestimmt werden kann. Lediglich für den Zusammenhang der epistemologischen Einstellung mit dem studierten Fach kann die Behauptung eines einseitigen Einflusses seitens des Fachs nur schwer zurückgewiesen werden. Das Interesse einer Lehrkraft an Wissenschaftstheorie könnte jedoch durch eine skeptische, antirealistische Einstellung erhöht werden und damit auch zu einer höheren Akquise von Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie führen. Für diese beiden Variablen kann eine wechselwirkende Beziehung zum Grad des wissenschaftlichen Realismus nicht ausgeschlossen werden.

Die Hypothesen der zweiten Forschungsfrage zu den Zusammenhängen der epistemologischen Einstellung mit Modellen und Modellierungen im Unterricht werden durch die empirischen Daten in unterschiedlichem Maße gestützt. Zunächst ist festzuhalten, dass die internen Konsistenzen der Skalen aus der Literatur zum Teil nicht repliziert werden können. Die Inter-Item-Korrelationen weisen jedoch ausreichend hohe Werte in Bezug auf die zum Teil geringe Zahl von Items auf.

Es kann gezeigt werden, dass angehende Lehrkräfte der Chemie und Physik mit höherem Grad des wissenschaftlichen Realismus Modelle direkter, d. h. eher als Kopien der Wirklichkeit, repräsentieren und den Einfluss sozialer Faktoren auf den Prozess der Modellierung in den Naturwissenschaften für geringer erachten ([Hypothese 2.1](#)). [Van Driel und Verloop \(1999, S. 1149\)](#) kommen zu ähnlichen Ergebnissen beim Vergleich von Physik- und Chemielehrkräften in Bezug auf deren Modellbehandlung im Unterricht.

Bei der Analyse des Aspektes Handlungen mit Modellen im Unterricht lässt sich ebenfalls ein Zusammenhang mit der epistemologischen Einstellung in einer explorativen Pfadanalyse sichern. Realistisch denkende Lehrkräfte entwickeln seltener Modelle im Unterricht. Bezüglich der Diskussion und Reflexion von Modellen im Unterricht weist das Pfadgewicht der epistemologischen Einstellung in die gleiche Richtung, auch wenn keine Signifikanz der Beziehung nachgewiesen werden kann ([Hypothese 2.2](#)).

Die [Hypothese 2.3](#) nimmt einen Zusammenhang der bevorzugten Art der Einführung in das Thema Modelle im Unterricht mit dem Grad des wissenschaftlichen Realismus an. Diese These muss aufgrund der geringen Korrelation der beiden Variablen zurückgewiesen werden. Die Art der Einführung ist auf Basis der Datenlage dieser Arbeit als ein vom Grad des wissenschaftlichen Realismus unabhängiges Konstrukt anzusehen.

Die Einstellungen gegenüber Modellen und Modellierungen im Unterricht werden über

Fragebögen erfasst. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sekundäre Faktoren, wie etwa die soziale Erwünschtheit, Einfluss auf die Beantwortung der Items haben. Um die tatsächlichen Beziehungen in der Unterrichtspraxis zu erfassen und zu sichern, müssen andere empirische Methoden genutzt werden, wobei auch bei direkter Beobachtung – etwa in Videostudien – Faktoren wie die soziale Erwünschtheit nicht ausgeschlossen werden können.

Aufgrund der relativ schwierigen Akquise angehender Lehrkräfte direkt nach dem Studium und der damit verbundenen geringen Größe der Gesamtstichprobe können die meisten Effekte nur mit gewissen Unsicherheiten erfasst werden. Die Konfidenzintervalle geben diesbezüglich Aufschluss über das tatsächliche Ausmaß von Effekten oder Korrelationen in der Gesamtpopulation.

## 10 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ausgangsfragen dieser Arbeit zu den Zusammenhängen der wissenschaftstheoretischen Grundposition angehender Lehrkräfte der Chemie und der Physik sind in wesentlichen Punkten beantwortet. Die realistische oder antirealistische Sicht einer Lehrkraft auf die Naturwissenschaften ist keine unabhängige Variable, sondern steht zumindest in Beziehung zum studierten Fach sowie dem Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie. Die theoretischen Annahmen von epistemologischen Grundüberzeugungen von Lehrkräften bestimmter Fächer lassen sich bei der Datenanalyse der empirischen Erhebung wiederfinden. Angehende Lehrkräfte der Chemie haben einen höheren Grad des wissenschaftlichen Realismus als Physiklehrkräfte, die Differenzen liegen mit Cohens  $d$  [95% CI] = .69 [.39, 1.03] im Bereich der mittleren Effektstärke.

In Hinblick auf die Implementation wissenschaftstheoretischer Themenbereiche in den Unterricht, wie etwa „Nature of Science“, können einige vorsichtige Schlüsse gezogen werden. In Deutschland erhalten Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftlichen Unterricht im Wesentlichen in den drei Fächern Physik, Chemie und Biologie.

In diesen Domänen werden sie mit unterschiedlichen Zugängen zu Wissenschaft konfrontiert. Die Grundannahmen der chemischen und der physikalischen Betrachtung der Welt sind nach der Meinung angehender Lehrkräfte dieser Fächer nicht deckungsgleich. Damit ist in gewisser Weise von einem gemäßigt pluralistischen Zugang zu den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe auszugehen, wenn die Fächer getrennt voneinander und von fachspezifisch ausgebildeten Lehrkräften unterrichtet werden.

Unabhängig vom Ausmaß der expliziten Implementation wissenschaftstheoretischer Themen in den Lehrplan, drückt sich der Grad des wissenschaftlichen Realismus einer Lehrkraft in ihrem Umgang mit wissenschaftlichen Modellen aus. Sowohl in der Physik als auch in der Chemie werden regelmäßig Modelle im Unterricht verwendet. Die Art der Repräsentation von Modellen und die Handlungen mit Modellen einer Lehrkraft steht dabei in Bezug zu ihrer epistemologischen Grundposition.

Aus den Ergebnissen der quantitativen Studie lassen sich weiterhin neue Hypothesen generieren. Der Zusammenhang des Grades des wissenschaftlichen Realismus mit dem Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie deutet darauf hin, dass mit einer Erhöhung des Inhalts-

wissens angehende Lehrkräfte zu antirealistischem, kritischem Denken angeleitet werden können. Die Überprüfung einer solchen Steuerungswirkung steht allerdings noch aus.

Als Folgestudie ist die Auswertung von Interviews mit angehenden Lehrkräften der Chemie und Physik geplant, um die Unterschiede im Grad des wissenschaftlichen Realismus zu beleuchten und die wesentlichen Aspekte zu identifizieren, in denen sich die Unterrichtshandlungen von Lehrkräften mit geringem und hohem Grad des wissenschaftlichen Realismus unterscheiden.

# Literaturverzeichnis

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. B. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 475–487. doi: [10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E)
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665–701. doi: [10.1080/09500690050044044](https://doi.org/10.1080/09500690050044044)
- Abell, S. K. & Smith, D. C. (1994). What is science?: Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16, 475–487. doi: [10.1080/0950069940160407](https://doi.org/10.1080/0950069940160407)
- Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 607–629. doi: [10.1002/tea.3660250802](https://doi.org/10.1002/tea.3660250802)
- Aikenhead, G. S. & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: 'Views on Science-Technology-Society' (VOSTS). *Science Education*, 76, 477–491. doi: [10.1002/sce.3730760503](https://doi.org/10.1002/sce.3730760503)
- Allchin, D. (2003). Lawson's shoehorn, or should the philosophy of science be rated 'x'? *Science & Education*, 12, 315–329. doi: [10.1023/A:1024064409773](https://doi.org/10.1023/A:1024064409773)
- Alters, B. J. (1997a). Nature of science: A diversity or uniformity of ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1105–1108. doi: [10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199712\)34:10<1105::AID-TEA9>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199712)34:10<1105::AID-TEA9>3.0.CO;2-V)
- Alters, B. J. (1997b). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 39–55. doi: [10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199701\)34:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199701)34:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-P)
- American Association for the Advancement of Science (Hrsg.). (1993). *Benchmarks for science literacy*. Oxford: University Press. Zugriff auf <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- American Psychological Association (Hrsg.). (2009). *Publication manual of the American Psychological Association – 6th edition*. Washington DC: APA Publishing.
- Arnold, K. & Dietrich, V. (Hrsg.). (2003). *Chemie plus – Klasse 9/10 NRW*. Berlin: Cornelsen.

- Backhaus, U., Boysen, G., Burzin, S., Heise, H., Kopte, U., Lichtenberger, J. & Schepers, H. (2010). *Fokus Physik – Gymnasium Nordrhein-Westfalen: 9. Schuljahr – Schülerbuch mit DVD-ROM*. Berlin: Cornelsen.
- Bailer-Jones, D. M. (2003). When scientific models represent. *International Studies in the Philosophy of Science*, 17, 59–74. doi: 10.1080/02698590305238
- Barnette, J. J. (2005). ScoreRel CI: An Excel program for computing confidence intervals for commonly used score reliability coefficients. *Educational and Psychological Measurement*, 65, 980–983. doi: 10.1177/0013164405278577
- Bell, R. L., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (1998). Implicit versus explicit nature of science instruction: An explicit response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1057–1061. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199811)35:9<1057::AID-TEA6>3.0.CO;2-C
- Bensaude-Vincent, B. (2008). Chemistry beyond the ‘positivism vs realism’ debate. In K. Ruthenberg & J. van Brakel (Hrsg.), *Stuff. The nature of chemical substances* (S. 45–54). Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Bensaude-Vincent, B. (2009). The chemists’ style of thinking. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 32, 365–378. doi: 10.1002/bewi.200901385
- Bindernagel, J. A. & Eilks, I. (2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *CHEMKON*, 15, 181–186. doi: 10.1002/ckon.200810081
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Boyd, R. (1975). *Realism and scientific epistemology*. Cambridge: University Press.
- Brandstätter, E. (1999). Confidence intervals as an alternative to significance testing. *Methods of Psychological Research Online*, 4 (2), 33–46. Zugriff auf <http://136.199.86.12/fachgruppen/methoden/mpr-online/issue7/art2/brandstaetter.pdf>
- Brenner, C. (1968). Psychoanalysis and science. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 16, 675–696. doi: 10.1177/000306516801600401
- Broad, C. D. (1940). Sir Arthur Eddington’s ‘The philosophy of physical science’. *Philosophy*, 15, 301–312. doi: 10.1017/S0031819100036202
- Brown, J. (1984). The sociological turn. In J. Brown (Hrsg.), *Scientific rationality: The sociological turn* (S. 3–40). Dordrecht: Springer.
- Buck, P. & Rehm, M. (2010). Wenn das Phänomen nicht erscheint – oder: Wie viel gesellschaftlich formatierte „andere Intentionalität“ notwendig ist, wenn man adäquat über die Atome unterrichten soll. In R. Egger & B. Hackl (Hrsg.), *Sinnliche Bildung?*

- (S. 123–140). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi: 10.1007/978-3-531-92383-3\_8
- Bunge, M. (1982). Is chemistry a branch of physics? *Journal for General Philosophy of Science*, 13, 209–223. doi: 10.1007/BF01801556
- Burr, V. (1986). Overview: Realism, relativism, social constructionism and discourse. In I. Parker (Hrsg.), *Social constructivism, discourse and realism* (S. 13–26). London: Sage.
- Cartwright, N. (1983). *How the laws of physics lie*. Oxford: Clarendon.
- Central Association for Science and Mathematics Teachers. (1909). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in the secondary schools. *School Science and Mathematics*, 9, 241–247. doi: 10.1111/j.1949-8594.1909.tb03028.x
- Chakravartty, A. (2011). Scientific realism. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford encyclopedia of philosophy (Summer 2011 edition)*. Zugriff auf <http://plato.stanford.edu/archives/sum2011/entries/scientific-realism>
- Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes towards teaching science. *Science Education*, 90, 803–819. doi: 10.1002/sce.20147
- Chi, M. T., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152. Zugriff auf <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0364021381800298>
- Chow, S. L. (1998). Précis of statistical significance: Rationale, validity, and utility. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 169–194.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22, 1041–1053. doi: 10.1080/095006900416901
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Aufl.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cohen, J. (1990). Things that I have learned (so far). *American Psychologist*, 45, 1304–1312. doi: 10.1037/0003-066X.45.12.1304
- Cooley, W. W. & Klopfer, L. (1961). *Test on understanding science: Form W*. Princeton: Educational Testing Service.
- Crombie, A. (1994). *Styles of scientific thinking in the european tradition*. Princeton: Duckworth.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297–334. doi: 10.1007/BF02310555
-



- Cumming, G. (2012). *Understanding the new statistics. Effect sizes, confidence intervals, and meta-analysis*. New York: Routledge.
- Cumming, G. & Finch, S. (2001). A primer on the understanding, use, and calculation of confidence intervals that are based on central and noncentral distributions. *Educational and Psychological Measurement*, 61, 532–574. doi: 10.1177/0013164401614002
- David, M. (2009). The correspondence theory of truth. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford encyclopedia of philosophy (Fall 2009 edition)*. Zugriff auf <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/truth-correspondence/>
- De Jong, O., van Driel, J. H. & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 947–964. doi: 10.1002/tea.20078
- Deutsche Physikalische Gesellschaft (Hrsg.). (2006). *Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik*. Zugriff auf [http://www.dpg-physik.de/static/info/lehramtsstudie\\_2006.pdf](http://www.dpg-physik.de/static/info/lehramtsstudie_2006.pdf)
- Devitt, M. (1983). Realism and the renegade Putnam: A critical study of meaning and the moral sciences. *Noûs*, 17, 291–301. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/2215148>
- Diederich, W. (2010). Contingency in nature. *Axiomathes*, 20, 269–277. doi: 10.1007/s10516-010-9103-2
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P. & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5–12. doi: 10.3102/0013189X023007005
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press. Zugriff auf <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED393679.pdf>
- Duncan, A. M. (1988). Particles and eighteenth century concepts of chemical combination. *The British Journal for the History of Science*, 21, 447–453. doi: 10.1017/S0007087400025358
- Duschl, R. A. (1988). Abandoning the scientific legacy of science education. *Science Education*, 72, 51–62. doi: 10.1002/sce.3730720105
- Eflin, J. T., Glennan, S. & Reisch, G. (1999). The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 107–116. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199901)36:1<107::AID-TEA7>3.0.CO;2-3
- Einstein, A. (1905). Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, 322, 891–921. doi: 10.1002/andp.19053221004
- Eisvogel, M. (1994). Instrumentalistische und realistische Auffassung von Theorien am Beispiel von Gasgleichungen. In P. Janich (Hrsg.), *Philosophische Perspektiven der*
-

- Chemie* (S. 83–94). Mannheim: BI Wissenschaftsverlag.
- Elby, A. & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*, 85, 554–567. doi: 10.1002/sce.1023
- Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10, 581–593. doi: 10.1023/A:1017564604949
- Fan, X. & Thompson, B. (2001). Confidence intervals for effect sizes. *Educational and Psychological Measurement*, 61, 517–531. doi: 10.1177/0013164401614001
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G. & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175–191. doi: 10.3758/BF03193146
- Feyerabend, P. K. (1975). *Against method. Outline for an anarchistic theory of knowledge*. London: New Left Books.
- Fischler, H. (2001). Verfahren zur Erfassung von Lehrer-Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 105–120.
- Fleck, L. (1980). *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv [textidentischer Nachdruck der Originalausgabe von 1935]*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Foulkes, P. (1976). Theories of truth. *Proceedings of the Aristotelian Society*, 77, 63–72. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/4544899>
- Friedman, M. (1974). Explanation and scientific understanding. *The Journal of Philosophy*, 71, 5–19. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/2024924>
- Giere, R. N. (1994). The cognitive structure of scientific theories. *Philosophy of Science*, 61, 276–296. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/188213>
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Hrsg.), *Developing models in science education* (S. 3–17). Dordrecht: Kluwer.
- Gilbert, J. K., Pietrocola, M., Zylbersztajn, A. & Franco, C. (2000). Science and education: Notions of reality, theory and model. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Hrsg.), *Developing models in science education* (S. 19–40). Dordrecht: Kluwer.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. (Hrsg.). (2009). *Multiple representation in chemical education*. Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-1-4020-8872-8
- Graf, E. (2002). Modelle im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 13, 4–9.
- Graf, E. O. & Mutter, K. (2000). Zur Rezeption des Werkes von Ludwik Fleck. *Zeitschrift für philosophische Forschung*, 54, 274–288. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/20484955>
-

- Hacking, I. (1983a). *Representing and intervening*. Cambridge: University Press.
- Hacking, I. (1983b). *The social construction of what?* Harvard: University Press.
- Hacking, I. (1987). Experimentation and scientific realism. In J. A. Kourany (Hrsg.), *Scientific knowledge* (S. 154–172). Belmont: Wadsworth.
- Hacking, I. (1988). Philosophers of experiment. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, 1988*, 147–156. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/192879>
- Hacking, I. (1992a). Statistical language, statistical truth and statistical reason: The self-authentication of a style of scientific reasoning. In E. McMullin (Hrsg.), *The social dimensions of science* (S. 130–157). Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- Hacking, I. (1992b). ‘Style’ for historians and philosophers. *Studies In History and Philosophy of Science Part A*, 23, 1–20. doi: 10.1016/0039-3681(92)90024-Z
- Hanson, N. R. (1975). *Patterns of discovery*. [Nachdruck der Originalausgabe von 1958]. Cambridge: University Press.
- Harré, R. (1986). *Varieties of realism: A rationale for the natural sciences*. Oxford: Basil Blackwell.
- Heidelberger, M. (2003). Theory-ladenness and scientific instruments in experimentation. In H. Radder (Hrsg.), *The philosophy of scientific experimentation* (S. 138–151). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Henze, I., van Driel, J. H. & Verloop, N. (2007). Science teachers’ knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37, 99–122. doi: 10.1007/s11165-006-9017-6
- Hoyningen-Huene, P. (1997). Paul K. Feyerabend. *Journal for General Philosophy of Science*, 28, 1–18. doi: 10.1023/A:1008248805562
- Hoyningen-Huene, P. (2002). Paul Feyerabend und Thomas Kuhn. *Journal for General Philosophy of Science*, 33, 61–83. doi: 10.1023/A:1020747118394
- Hughes, R. I. G. (1997). Models and representation. *Philosophy of Science*, 64, 325–336. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/188414>
- Hunter, G. K. (Hrsg.). (2000). *Vital forces. the discovery of the molecular basis of life*. London: Academic Press.
- Hört, M. & Buck, P. (2003). Wie führen Chemielehrer an Realschulen in Baden-Württemberg Teilchen- und Atomvorstellungen im Chemieunterricht ein? *chimica didactica*, 29, 137–164.
- Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos.
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudieren-

- den über die Natur der Naturwissenschaften — eine explorative Studie. *Physik und Didaktik in der Schule und Hochschule*, 6, 1–14.
- Höfle, C., Höttecke, D. & Kircher, E. (Hrsg.). (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*. Hohengehren: Schneider.
- Jeng, M. (2006). A selected history of expectation bias in physics. *American Journal of Physics*, 74, 578–583. doi: 10.1119/1.2186333
- Jones, M. R. (2005). Idealization and abstraction: A framework. In M. R. Jones & N. Cartwright (Hrsg.), *Idealization XII: Correcting the model* (S. 173–217). Amsterdam: Rodopi.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2000). History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of ‘the atom’. *International Journal of Science Education*, 22, 993–1009. doi: 10.1080/095006900416875
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2003). Models and modelling in chemical education. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. S. Justi, D. F. Treagust & J. H. van Driel (Hrsg.), *Chemical education: Towards research-based practice* (S. 47–68). Springer Netherlands. doi: 10.1007/0-306-47977-X\_3
- Kant, I. (1900ff). *Werke. Akademie Textausgabe* (Preußische Akademie der Wissenschaften, Hrsg.). Berlin.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153.
- Kelley, K. (2007). Confidence intervals for standardized effect sizes: Theory, application, and implementation. *Journal of Statistical Software*, 20, 1–24. Zugriff auf <http://www.jstatsoft.org/v20/i08>
- Kelly, K. T. & Glymour, C. (1989). Convergence to the truth and nothing but the truth. *Philosophy of Science*, 56, 185–220. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/187870>
- Kimball, M. E. (1967). Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 110–120. doi: 10.1002/tea.3660050204
- Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Ein Überblick. In C. Höfle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 3–22). Hohengehren: Schneider.
- Knuuttila, T. (2005). Models, representation, and mediation. *Philosophy of Science*, 72, 1260–1271. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/10.1086/508124>
- Koponen, I. T. (2007). Models and modelling in physics education: A critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*,

- 16, 751–773. doi: 10.1007/s11191-006-9000-7
- Koulaidis, V. & Ogborn, J. (1989). Philosophy of science: An empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11, 173–184. doi: 10.1080/0950069890110206
- Kuhn, T. S. (1996). *The structure of scientific revolutions* (3. Aufl.). Chicago: University of Chicago Press.
- Labudde, P. & Adamina, M. (2008). HarMoS Naturwissenschaften: Impulse für den naturwissenschaftlichen Unterricht von morgen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 26, 351–360.
- Ladyman, J. (2009). Structural realism. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Summer 2009 edition). Zugriff auf <http://plato.stanford.edu/archives/sum2009/entries/structural-realism>
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159–174. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/2529310>
- Leahey, T. H. (1987). *A history of psychology: Main currents in psychological thought*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331–359. doi: 10.1002/tea.3660290404
- Lederman, N. G. (1998). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education*, 3. Zugriff auf <http://www.scholarlyexchange.org/ojs/index.php/EJSE/article/viewArticle/7602/5369>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 831–880). New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521. doi: 10.1002/tea.10034
- Lederman, N. G., Wade, P. D. & Bell, R. L. (1998). Assessing the nature of science: What is the nature of our assessments? *Science & Education*, 7, 595–615. doi: 10.1023/A:1008601707321
- Liang, L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O., Adams, A., Macklin, M. & Ebenezer, J. (2009). Preservice teachers' views about nature of scientific knowledge development: An international collaborative study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 987–1012. doi: 10.1007/s10763-008-9140-0
- Linacre, J. M. (1994). Sample size and item calibration stability. *Rasch Measurement*
-

- Transactions*, 7, 328. Zugriff auf <http://www.rasch.org/rmt/rmt74m.htm>
- Linacre, J. M. (2002). What do infit and outfit, mean-square and standardized mean? *Rasch Measurement Transactions*, 16, 878. Zugriff auf <http://www.rasch.org/rmt/rmt162f.htm>
- Linacre, J. M. & Wright, B. D. (1993). *A user's guide to FACETS: Rasch model computer program*. Chicago: MESA Press. Zugriff auf <http://www.winsteps.com/a/facets-manual.pdf>
- Loving, C. C. (1991). The scientific theory profile: A philosophy of science model for science teachers. In *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching 1991*.
- Matthews, M. R. (1993). Constructivism and science education: Some epistemological problems. *Journal of Science Education and Technology*, 2, 359–370. doi: 10.1007/BF00694598
- Matthews, M. R. (2002). Constructivism and science education: A further appraisal. *Journal of Science Education and Technology*, 11, 121–134. doi: 10.1023/A:1014661312550
- Maturana, H. (2000). The nature of the laws of nature. *Systems Research and Behavioral Science*, 17, 459–468. doi: 10.1002/1099-1743(200009/10)17:5<459::AID-SRES371>3.0.CO;2-I
- McComas, W. F. & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7, 544–532. doi: 10.1023/A:1008642510402
- McComas, W. F. & Olson, J. K. (2002). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education* (S. 41–52). Springer Netherlands. doi: 10.1007/0-306-47215-5\_2
- McMullin, E. (1985). Galilean idealization. *Studies in the History and Philosophy of Science Part A*, 16, 247–273. doi: 10.1016/0039-3681(85)90003-2
- McMullin, E. (1991). Comment: Selective anti-realism. *Philosophical Studies*, 61, 97–108. doi: 10.1007/BF00385835
- Monton, B. & Mohler, C. (2008). Constructive empiricism. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford encyclopedia of philosophy (Winter 2008 edition)*. Zugriff auf <http://plato.stanford.edu/archives/win2008/entries/constructive-empiricism/>
- Musgrave, A. (1988). The ultimate argument for scientific realism. In R. Nola (Hrsg.), *Relativism and realism in science* (S. 229–249). Dordrecht: Kluwer.
- Neumann, I. (2011). *Beyond physics content knowledge. Modeling competence regarding nature of scientific inquiry and nature of scientific knowledge*. Berlin: Logos.
- Niiniluoto, I. (2002). *Critical scientific realism*. Oxford: University Press.
-



- Nola, R. (1988). Some issues concerning relativism and realism in science. In R. Nola (Hrsg.), *Relativism and realism in science* (S. 1–36). Dordrecht: Kluwer.
- Nola, R. (1997). Constructivism in science and science education: A philosophical critique. *Science & Education*, 6, 25–51. doi: 10.1023/A:1008670030605
- Nola, R. (2004). Pendula, models, constructivism and reality. *Science & Education*, 13, 349–377. doi: 10.1023/B:SCED.0000041832.90947.b1
- Nola, R. & Irzik, G. (2005). *Philosophy, science, education and culture*. Dordrecht: Springer.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. A. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692–720. doi: 10.1002/tea.10105
- Palmquist, B. C. & Finley, F. N. (1997). Preservice teachers’ views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 595–615. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199708)34:6<595::AID-TEA4>3.0.CO;2-I
- Pearson, E. S. (1939). “Student” as statistician. *Biometrika*, 30, 210–250. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/2332648>
- Popper, K. R. (1970). Normal science and its dangers. In I. Lakatos & A. Musgrave (Hrsg.), *Criticism and the growth of knowledge* (S. 51–58). Cambridge: University Press.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.
- Psarros, N., Ruthenberg, K. & Schummer, J. (Hrsg.). (1996). *Philosophie der Chemie. Bestandsaufnahme und Ausblick*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Putnam, H. (1975). What is “realism”? *Proceedings of the Aristotelian Society*, 76, 177–194.
- Putnam, H. (1979). What is mathematical truth? In H. Putnam (Hrsg.), *Mathematics, matter and method* (S. 60–78). Cambridge: University Press.
- Putnam, H. (1981). *Realism, truth and history*. Cambridge: University Press.
- Reinecke, J. (2005). *Strukturgleichungsmodelle in den Sozialwissenschaften*. München: Oldenbourg.
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2012). Epistemische Denkstile von angehenden Physik- und Chemielehrkräften. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung im Unterricht* (S. 595–597). Berlin: LIT-Verlag.
- Rost, J. (1996). *Lehrbuch Testtheorie Testkonstruktion*. Bern: Huber.
-

- Rubba, P. A., Schoneweg Bradford, C. & Harkness, W. J. (1996). A new scoring procedure for the views on science-technology-society instrument. *International Journal of Science Education*, 18, 387–400. doi: 10.1080/0950069960180401
- Ryan, A. G. & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76, 559–580. doi: 10.1002/sce.3730760602
- Sankey, H. (1998). Taxonomic incommensurability. *International Studies in the Philosophy of Science*, 12, 7–16. doi: 10.1080/02698599808573578
- Sankey, H. (2001). Scientific realism: An elaboration and a defense. *Theoria*, 98, 35–54.
- Scerri, E. R. (1997). Bibliography on philosophy of chemistry. *Synthese*, 111, 213–232. doi: 10.1023/A:1004958116783
- Scerri, E. R. (2000a). The failure of reduction and how to resist disunity of the sciences in the context. *Science & Education*, 9, 405–425. doi: 10.1023/A:1008719726538
- Scerri, E. R. (2000b). Philosophy of chemistry—A new interdisciplinary field? *Journal of Chemical Education*, 77, 522–525. doi: 10.1021/ed077p522
- Scerri, E. R. (2000c). Realism, reduction, and the 'intermediate position'. In N. Bhushan & S. Rosenfeld (Hrsg.), *Of minds and molecules. New philosophical perspectives on chemistry* (S. 51–71). Oxford: University Press.
- Scerri, E. R. (2001). The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2, 165–170.
- Scerri, E. R. & McIntyre, L. (1997). The case for the philosophy of chemistry. *Synthese*, 111, 213–232. doi: 10.1023/A:1004949814965
- Schlick, M. (1936). Meaning and verification. *The Philosophical Review*, 45, 339–369. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/2180487>
- Schummer, J. (1997). Towards a philosophy of chemistry. *Journal for General Philosophy of Science*, 28, 307–336. doi: 10.1023/A:1008206719087
- Schwartz, R. S. & Lederman, N. G. (2002). It's the nature of the beast: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 205–236. doi: 10.1002/tea.10021
- Sedlmeier, P. (1996). Jenseits des Signifikanztest-Rituals: Ergänzungen und Alternativen. *Methods of Psychological Research Online*, 1 (4). Zugriff auf <http://136.199.86.12/fachgruppen/methoden/mpr-online/issue1/art3/sedlmeier.pdf>
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2005a). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer. Zugriff auf [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf)



- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2005b). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer. Zugriff auf [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf)
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for the exponential distribution (complete samples). *Biometrika*, 52, 591–611. doi: 10.1093/biomet/52.3-4.591
- Shen, B. S. P. (1975). Scientific literacy and the public understanding of science. In S. Day (Hrsg.), *Communication of scientific information* (S. 44–52). Basel: Karger.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/1175860>
- Simonton, D. K. (2004). *Creativity in science. Chance, logic and zeitgeist*. Cambridge: University Press.
- Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F. & Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: A response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1101–1103. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199712)34:10<1101::AID-TEA8>3.0.CO;2-V
- Snyder, J. L. (2000). An investigation of the knowledge structures of experts, intermediates and novices in physics. *International Journal of Science Education*, 22, 979–992. doi: 10.1080/095006900416866
- Sodian, B., Carey, S., Grosslight, L. & Smith, C. (1992). Junior high school students' understanding of the nature of scientific knowledge. The notion of interpretive frameworks. *Proceedings of the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco*.
- Sodian, B., Jonen, A., Thoerner, C. & Kircher, E. (2006). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 147–160). Münster: Waxmann.
- Steiger, J. & Fouladi, R. (1992). R2: A computer program for interval estimation, power calculations, sample size estimation, and hypothesis testing in multiple regression. *Behavior Research Methods*, 24, 581–582. doi: 10.3758/BF03203611
- Stein, H. (1989). Yes, but... Some skeptical remarks on realism and anti-realism. *Dialectica*, 43, 47–65. doi: 10.1111/j.1746-8361.1989.tb00930.x
- Tairab, H. H. (2001). Pre-service teachers' views of the nature of science and technology before and after a science teaching methods course. *Research in Education*, 65,

- 81–87.
- Tarski, A. (1935). Der Wahrheitsbegriff in den formalisierten Sprachen. In *Studia Philosophica Commentarii Societatis philosophicae Polonorum* (Bd. I, S. 261–405). Lemberg: Leopoli.
- Thagard, P. (2002). The passionate scientist: Emotion in scientific cognition. In P. Carruthers, S. Stich & M. Siegal (Hrsg.), *The cognitive basis of science* (S. 235–250). Cambridge: University Press.
- Thoermer, C. & Sodian, B. (2002). Science undergraduates' and graduates' epistemologies of science: The notion of interpretive frameworks. *New Ideas in Psychology*, 20, 263–283. doi: 10.1016/S0732-118X(02)00009-0
- Thomas, G. & Durant, J. (1987). Why should we promote the public understanding of science? *Scientific Literacy Papers*, 1, 1–14.
- Topcu, M. S. (2012). Preservice teachers' epistemological beliefs in physics, chemistry, and biology: A mixed study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 433–458. doi: 10.1007/s10763-012-9345-0
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 357–368. doi: 10.1080/09500690110066485
- van Brakel, J. (2000). *Philosophy of chemistry*. Leuven: University Press.
- van de Lagemaat, R. (2011). *Theory of knowledge*. Cambridge: University Press.
- van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, 1141–1153. doi: 10.1080/095006999290110
- van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24, 1255–1272. doi: 10.1080/09500690210126711
- van Fraassen, B. C. (1976). On the radical incompleteness of the manifest image. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 335–343. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/192389>
- van Fraassen, B. C. (1980). *The scientific image*. Oxford: Clarendon.
- Venables, W. N. & Smith, D. M. (2012). An introduction to R. Zugriff auf <http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf>
- Weinberg, S. (1998). The revolution that didn't happen. *The New York Review of Books*, 45 (15), 48–52.
- Weisberg, M. (2006). Richard Levins' philosophy of science. *Biology and Philosophy*, 21, 603–605. doi: 10.1007/s10539-006-9048-4
-

- Weisberg, M. (2007). Three kinds of idealization. *The Journal of Philosophy*, 104, 639–659.
- Welch, W. W. & Pella, M. O. (1967). The development of an instrument for inventorying knowledge of the processes of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 64–68. doi: [10.1002/tea.3660050115](https://doi.org/10.1002/tea.3660050115)
- Wilson, L. L. (1954). A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. *Science Education*, 38, 159–164. doi: [10.1002/sce.3730380209](https://doi.org/10.1002/sce.3730380209)
- Wolpert, L. (1992). *The unnatural nature of science*. Havard: University Print.
- Worrall, J. (1989). Structural realism: The best of both worlds? *Dialectica*, 43, 99–124. doi: [10.1111/j.1746-8361.1989.tb00933.x](https://doi.org/10.1111/j.1746-8361.1989.tb00933.x)
- Wright, B. D. & Linacre, J. M. (1994). Reasonable mean-square fit values. *Rasch Measurement Transactions*, 8, 370. Zugriff auf <http://www.rasch.org/rmt/rmt83b.htm>
- Wright, C. (1989). The verification principle: Another puncture—another patch. *Mind*, 98, 611–622. Zugriff auf <http://www.jstor.org/stable/2255045>
- Young, J. O. (2008). The coherence theory of truth. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford encyclopedia of philosophy (Fall 2008 edition)*. Zugriff auf <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/truth-coherence/>
-

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Beziehungen zwischen NOS, SK und PCK . . . . .	10
1.2	Bedingungen für die Vermittlung von NOS . . . . .	11
1.3	Phänomene, Wissenschaftssprache und Metasprache . . . . .	11
2.1	Direkter und interner Realismus . . . . .	23
2.2	Empirische Adäquatheit von Theorien . . . . .	26
2.3	Modell des Kuhn'schen Paradigmenwechsels . . . . .	28
2.4	Modellierungen wissenschaftstheoretischer Einstellungen . . . . .	32
2.5	Lovings <i>Scientific Theory Profile</i> . . . . .	34
3.1	Flecks Modell der Erkenntnis . . . . .	36
4.1	Zusammenhang von Theorien, Modellen und realen Systemen . . . . .	45
4.2	Modellfamilie nach Giere (1994) . . . . .	46
4.3	Ergebnisse von Synder (2000) . . . . .	47
4.4	Modelle im konstruktivistischen Lernprozess . . . . .	48
4.5	Einführung in die Atomtheorie in Schulbüchern . . . . .	49
5.1	Modell <i>Grad des wissenschaftlichen Realismus</i> . . . . .	54
5.2	Ablauf der empirischen Untersuchung . . . . .	57
5.3	CI-Grenzen von Mittelwerten . . . . .	61
5.4	CI-Funktion . . . . .	62
6.1	Instrumentenentwicklung und Prä-Pilotierungen . . . . .	65
6.2	Ablauf der Prä-Pilotierung I . . . . .	72
6.3	Beispielitem aus der Prä-Pilotierung I . . . . .	73
6.4	Beispielitem Inhaltswissen Wissenschaftstheorie . . . . .	77
6.5	Items zur Skala „Social context of models“ . . . . .	79
7.1	Pilotstudie DSR – Item-Measures . . . . .	83

---

7.2	Pilotstudie DSR – Wright-Map . . . . .	84
7.3	Pilotstudie KPS – Item-Measures . . . . .	87
8.1	Poweranalyse . . . . .	94
8.2	DSR – PCM-Auswertung . . . . .	97
8.3	DSR – Wright-Map 50% threshold-Werte . . . . .	98
8.4	KPS – Häufigkeiten der Scores . . . . .	101
8.5	KPS – PCM-Auswertung . . . . .	101
8.6	DSR – Kontrast Fachhintergrund . . . . .	108
8.7	Regressionsmodell DSR . . . . .	110
8.8	Profildiagramme DSR vs. KPS und IPS . . . . .	113
8.9	Modell zur Pfadanalyse . . . . .	115
8.10	Kontrast der DSR-Quartile gegenüber der Skala MA . . . . .	117
8.11	Kontrast der DSR-Quartile gegenüber der Skala MK . . . . .	117
8.12	Pfadanalyse Modelle – Skalen MA / MK . . . . .	119
8.13	Kontrast der DSR-Quartile gegenüber der Skala MBa . . . . .	121
8.14	Kontrast der DSR-Quartile gegenüber der Skala MBb . . . . .	121
8.15	Pfadanalyse Modelle – Skalen MBa und MBb . . . . .	123
8.16	Pfadanalyse Einführung Modelle . . . . .	125
8.17	Kontrast der Antwortschemen zur Abhängigkeit der Klassenstufe . . . . .	126
8.18	Ward-Analyse der Clusteranzahl . . . . .	127
8.19	Kontraste der Cluster . . . . .	128

---

# Tabellenverzeichnis

1.1	Inhaltsbereiche von NOS . . . . .	8
1.2	Argumente für die Implikation von NOS . . . . .	9
1.3	Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung Chemie . . . . .	13
1.4	Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung Physik . . . . .	13
1.5	Instrumente zur Erfassung von NOS . . . . .	15
1.6	Formate von Instrumenten . . . . .	16
2.1	Aspekte realistischer Einstellungen nach Niiniluoto (2002) . . . . .	19
2.2	Prinzipien realistischer Einstellungen nach Sankey (2001) . . . . .	19
2.3	Kategorisierung wissenschaftstheoretischer Positionen . . . . .	20
2.4	Positionen des kritischen Realismus . . . . .	24
2.5	Separation und Projektion von wissenschaftstheoretischen Dimensionen . . . . .	33
3.1	Ergebnisse von Topcu (2012) . . . . .	42
3.2	Ergebnisse von Thoermer und Sodian (2002) . . . . .	42
4.1	Skalen zur Repräsentation von Modellen im Unterricht . . . . .	51
6.2	Ergebnisse des Inhaltsvalidität . . . . .	71
6.3	Kenndaten der Prä-Pilotierung I . . . . .	74
6.4	Kenndaten der Prä-Pilotierung II . . . . .	75
6.5	Skalen zu Modellen im Unterricht . . . . .	78
7.1	Pilotstudie – Instrumente . . . . .	81
7.2	Pilotstudie – Biographische Daten . . . . .	82
7.3	Pilotstudie – Kenndaten DSR . . . . .	83
7.4	Pilotstudie – Assoziationen: Rating . . . . .	85
7.5	Pilotstudie – Ergebnisse Assoziationsstudie . . . . .	86
7.6	Pilotstudie – Trennschärfe KPS . . . . .	87
7.7	Pilotstudie – Interne Konsistenz KPS . . . . .	87

---

7.8	Pilotstudie – Trennschärfe IPS . . . . .	88
7.9	Pilotstudie – Interne Konsistenz Modellrepräsentation . . . . .	89
7.10	Pilotstudie – Interne Konsistenz Modellhandlungen . . . . .	89
7.11	Pilotstudie – Interne Konsistenz Modelleinführung . . . . .	90
7.12	Pilotstudie – Instrumentengüte . . . . .	91
8.1	Kontrast Fachhintergrund Pilotstudie . . . . .	93
8.2	Hauptstudie – Biographische Daten . . . . .	95
8.3	Hauptstudie – Kenndaten DSR . . . . .	96
8.4	DSR – Vergleich der internen Konsistenz . . . . .	96
8.5	Interrater-Reliabilitäten der Assoziationsstudie . . . . .	99
8.6	Hauptstudie – Ergebnisse Assoziationsstudie . . . . .	100
8.7	KPS – Vergleich von P&P- und Online-Erhebung . . . . .	101
8.8	IPS – Antwortmuster und Trennschärfen . . . . .	102
8.9	Repräsentation von Modellen – Kennwerte . . . . .	103
8.10	Trennschärfen Items der Skalen MA und MK . . . . .	103
8.11	Handlungen mit Modellen – Kennwerte . . . . .	104
8.12	Trennschärfen Items der Skalen MBa und MBb . . . . .	104
8.13	Skalen zu Modellen – Korrelationen . . . . .	105
8.14	Repräsentation von Modellen – Kennwerte . . . . .	106
8.15	Trennschärfen Items der Skalen MD und MC . . . . .	106
8.16	DSR – Mittelwerte und Fachhintergrund . . . . .	107
8.17	DSR – Kontrast Fachhintergrund . . . . .	108
8.18	DSR – Lineare Regression . . . . .	109
8.19	DSR – Partielle Korrelationen . . . . .	110
8.20	DSR – Lineare Regression Chemie . . . . .	111
8.21	DSR – Lineare Regression Physik . . . . .	111
8.22	Ergebnisse der ANOVA . . . . .	112
8.23	Korrelationen DSR und Repräsentation von Modellen . . . . .	116
8.24	Pfadanalyse Modelle – latente Variable DSR . . . . .	118
8.25	Pfadanalyse Modelle – MA . . . . .	118
8.26	Pfadanalyse Modelle – MK . . . . .	118
8.27	Korrelationen DSR und Handlungen mit Modellen . . . . .	120
8.28	Pfadanalyse Modelle – MBa . . . . .	122
8.29	Pfadanalyse Modelle – MBb . . . . .	122
8.30	Pfadanalyse Modelle – MD . . . . .	124
8.31	Modelle in unterschiedlichen Klassenstufen . . . . .	126

---

---

8.32	Abhängigkeit der Adäquatheit von Merksätzen von der Klassenstufe . . . .	126
8.33	Kontraste der Clustergruppen . . . . .	128
8.34	Beschreibung der Clustergruppen . . . . .	129

---



# Abkürzungsverzeichnis

AAAS	American Association for the Advancement of Science
ANOVA	Analysis of variance
APA	American Psychological Association
b	nicht-standardisierter Regressionskoeffizient
CI	Konfidenzintervall
DSR	Degree of Scientific Realism
IPS	Interest in Philosophy of Science
IRT	Item-Response-Theory
KMK	Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland
KPS	Knowledge in Philosophy of Science
M	Mittelwert
MA	Skala: Models as multiple representations / Models as exact replicas
MBa	Skala: Discussing and reflecting on models; teacher-directed mode
MBb	Skala: Designing and developing models; teacher-directed mode
MBV	Model-based View
MC	Skala: Abhängigkeit von der Klassenstufe
MD	Skala: Implizite vs. explizite Einführung von Modellen im Unterricht
MK	Skala: Social context of models
MNSQ	Mean-square Value

MS	Mittelwert der Quadrate
NHST	Null Hypothesis Significance Testing
NOS	Nature of Science
NOSSI	Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry Test
n. s.	nicht signifikant
NSTQ	Nature of Science and Technology Questionnaire
PCK	Pedagogical Content Knowledge
PCM	Partial Credit Model
PK	Pedagogical Knowledge
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
SK	Subject Matter Knowledge
SS	Quadratsumme
SUMS	Students' Understanding of Models in Science
SUSSI	Student Understanding of Science and Scientific Inquiry
TAM	Teaching Activities with Respect to Models and Modelling
VNOS	Views on Nature of Science Questionnaire
VOSE	Views on Science and Education Questionnaire
VOSTS	Views on Science-Technology-Society
ZSTD	Standardized Value

---

# Anhang

# Anhangsverzeichnis

A	Software	160
B	Rating zur internen Validität	162
	Bewertung der Aussagen . . . . .	163
C	Instrumente der Prä-Pilotierung I	166
	Erhebung biographischer Angaben . . . . .	166
	Teil A – Bewertung der Aussagen . . . . .	167
	Teil B – Bewertung der Begründungen . . . . .	168
D	Instrumente der Prä-Pilotierung II	171
	Erhebung biographischer Angaben . . . . .	171
	Fragebogen zum wissenschaftlichen Realismus . . . . .	172
E	Instrumente der Pilotstudie	174
	Einleitung . . . . .	174
	Biographische Angaben . . . . .	175
	Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus . . . . .	178
	Assoziationsstudie zu wissenschaftlichen Universalien . . . . .	179
	Test zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie . . . . .	179
	Fragebogen zum Interesse an Wissenschaftstheorie . . . . .	182
	Fragebogen zu Modellen . . . . .	182
F	Instrumente der Hauptstudie	187
	Einleitung . . . . .	187
	Erhebung biographischer Angaben . . . . .	188
	Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus . . . . .	191
	Assoziationsstudie wissenschaftlicher Begriffe . . . . .	193
	Test zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie . . . . .	193
	Fragebogen zum Interesse an Wissenschaftstheorie . . . . .	195

---

Fragebogen zu Modellen . . . . .	195
G Ergebnisse der Hauptstudie . . . . .	200
Ergebnisse der Ratings zur Assoziationsstudie . . . . .	200
Kreuztabellen Assoziationsstudie . . . . .	204
Ergebnisse der Clusteranalyse zu Modellen im Unterricht . . . . .	206
H Persönliche Angaben . . . . .	208
Lebenslauf . . . . .	209
Publikationen und wissenschaftliche Beiträge . . . . .	210
Erklärung . . . . .	212
Danksagung . . . . .	213

---

# A Software

## Datenerhebung

### **G\*Power**

Version: 3.1.3

Referenz: Faul, Erdfelder, Lang und Buchner (2007)

### **LimeSurvey**

Version: 1.7 / 1.8

## Datenauswertung

### **ESCI**

Version: 1.0

Referenz: Cumming (2012)

### **R**

Version: 2.13.x / 2.14.x

Referenz: Venables und Smith (2012)

### **R2**

Version: 1.1

Referenz: Steiger und Fouladi (1992)

**ScoreREL CI**

Referenz: [Barnette \(2005\)](#)

**Winsteps Rasch Measurement**

Version: [3.70.0.5 \(2010\)](#)

Referenz: [Linacre und Wright \(1993\)](#)

**Satz und Graphiken** **$\LaTeX$** 

Version: [2012](#)

Distribution: [T<sub>E</sub>X Live](#)

**PGF/TikZ**

Version: [2.10](#)

## B Rating zur internen Validität

Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank für die Teilnahme an einem ExpertInnen-Rating im Rahmen einer Promotion in der Didaktik der Chemie.

Sie sind als promovierte oder promovierende WissenschaftlerInnen an einem Institut für Wissenschaftstheorie oder Wissenschaftsgeschichte tätig. Es wäre eine große Hilfe für mein Projekt, wenn Sie sich 10 Minuten Zeit nehmen würden und 22 wissenschaftstheoretische Aussagen auf ihren Zusammenhang mit der epistemologischen Einstellung gegenüber dem „wissenschaftlichen Realismus“ bzw. „wissenschaftlichen Antirealismus“ bewerteten.

Im Eintrag „wissenschaftlicher Realismus“ von [Chakravartty \(2011\)](#) in der „Stanford Encyclopedia of Philosophy“ findet sich folgende Definition:

Scientific realism is a positive epistemic attitude towards the content of our best theories and models, recommending belief in both observable and unobservable aspects of the world described by the sciences. This epistemic attitude has important metaphysical and semantic dimensions, and these various commitments are contested by a number of rival epistemologies of science, known collectively as forms of scientific antirealism.

Aus der wissenschaftstheoretischen Literatur wurden 22 allgemein verständlich Aussagen abgeleitet, deren Bezug zur epistemologischen Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus von Ihnen überprüft werden soll. D. h. Ihre Aufgabe ist es zu bewerten, ob und in welchem Maße die Einstellung bezüglich einer realistischen oder antirealistischen Sicht einer Person auf die Wissenschaften einen Einfluss auf die Positionierung gegenüber der jeweiligen Aussage hat.

Dazu stehen die Bewertungen

(1) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat keinen Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“,

(4) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat unmittelbaren Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“,

sowie die Zwischenstufen (2) und (3) zur Verfügung.



In einem zweiten Schritt wird die Polarität der Aussage bewertet. Dies gilt nur für den Fall, dass Sie nicht im ersten Schritt die Stufe (1) (keinen Einfluss) gewählt haben. Bitte geben Sie an, ob die Aussage eine realistische oder antirealistische Sicht widerspiegelt.

### Bewertung der Aussagen

		(1)	(2)	(3)	(4)
P1	Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2	Eine Theorie steht in festem Zusammenhang mit einem Phänomen. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P3	Experimentieren wird erst durch Vorwissen des Experimentators ermöglicht. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P4	Eine Theorie muss komplett verworfen werden, wenn ein Experiment ihre Vorhersage nicht bestätigt. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P4	Wissenschaftliche Fakten sind ohne theoretischen Zusammenhang bedeutungslos. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P6	Die mathematische Methode ist die beste, mit der Naturwissenschaft betrieben werden kann. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P7	Eine wissenschaftliche Theorie wird durch vielfache Bestätigung ihrer Vorhersagen in Experimenten verifiziert. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P8	Die Naturwissenschaften sind frei von politischen Einflüssen. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P9	Alle Naturwissenschaften folgen den selben Methoden. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P10	Die Existenz von Elektronen ist durch die Forschung gesichert. <i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P11	Naturgesetze gelten unabhängig vom Beobachter, der sie untersucht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P12	Wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn ist frei von menschlichen Emotionen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P13	Zufall spielt eine wichtige Rolle bei wissenschaftlichen Entdeckungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P14	Die Natur folgt stets Gesetzmäßigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P15	Die Naturwissenschaft nähert sich immer weiter der Wahrheit an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P16	Eine Theorie kann sich irgendwann als endgültig wahr herausstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P17	Der Einfluss von Theorien wichtiger WissenschaftlerInnen kann andere WissenschaftlerInnen dazu bringen, ihren eigenen Messwerten nicht zu vertrauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P18	Es steht fest, dass unsere Welt aus elementaren Teilchen aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P19	Naturwissenschaftliche Theorien müssen durch mathematische Formeln angegeben werden können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P20	Die menschliche Art des Denkens bestimmt wesentlich die wissenschaftliche Betrachtung der Welt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P21	In der Wissenschaft werden Zusammenhänge nicht entdeckt, sondern konstruiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				
P22	Die Wissenschaft erbringt die objektivste Form von Wissen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>Polarität der Aussage:</i> <input type="checkbox"/> realistisch <input type="checkbox"/> antirealistisch				

Vielen Dank für Ihre Teilnahme. Falls Sie weitere Fragen und/ oder Anmerkungen haben, können Sie mich gerne unter den unten genannten Daten kontaktieren.

Mit freundlichen Grüßen

Norman Riehs

Universität Duisburg-Essen

Campus Essen

Institut für Didaktik der Chemie

Graduiertenkolleg NWU Essen

Schützenbahn 70

45 127 Essen

E-Mail: [norman.riehts@uni-due.de](mailto:norman.riehts@uni-due.de)

Telefon: +49 (0)201 183 49 07

[www.nwu-essen.de](http://www.nwu-essen.de)

---

## C Instrumente der Prä-Pilotierung I



Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank, dass Sie an der Umfrage für angehende naturwissenschaftliche Lehrkräfte teilnehmen. Die Studie wird im Rahmen einer Promotion Verwendung finden. Die Auswertung erfolgt anonym, und wird nicht an Ihre BetreuerInnen zurück gegeben.

Da Sie weiterhin keinen Test, sondern einen Fragebogen ausfüllen werden, sind Sie nicht gezwungen, die „richtige“ Antwort zu finden, sondern Ihre Meinung ist gefragt. In diesem Fragebogen gibt es kein „richtig“ oder „falsch“.

Vielen Dank für Ihre Mühen,  
Norman Riehs

### Erhebung biographischer Angaben

*B1* Bitte nennen Sie Ihre Anrede:

Frau ☐

Herr ☐

*B2* Bitte nennen Sie Ihr Geburtsjahr:

19

*B3* Unterrichten Sie Physik, Chemie oder beides?

Physik ☐

Chemie ☐

B4 Bitte geben Sie Ihre weiteren (angestrebten) Unterrichtsfächer an:

Zweifach: \_\_\_\_\_

Drittfach: \_\_\_\_\_

## Teil A – Bewertung der Aussagen

		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
P1.1a	Eine wissenschaftliche Theorie wird durch vielfache Bestätigung ihrer Vorhersagen in Experimenten verifiziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.2a	Experimentieren wird erst durch Vorwissen des Experimentators ermöglicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.3a	Die Existenz von Elektronen ist durch die Forschung gesichert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.4a	Die Naturwissenschaft nähert sich immer weiter der Wahrheit an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.5a	Es steht fest, dass unsere Welt aus elementaren Teilchen aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.6a	Die Naturwissenschaften sind frei von politischen Einflüssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.7a	Die Natur folgt stets Gesetzmäßigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.8a	Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.9a	Eine Theorie muss komplett verworfen werden, wenn ein Experiment ihre Vorhersage nicht bestätigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Teil B – Bewertung der Begründungen

		Stimme zu		Stimme nicht zu
P1.1b	<i>Eine wissenschaftliche Theorie wird durch vielfache Bestätigung ihrer Vorhersagen in Experimenten verifiziert.</i>			
1	Ja, denn je mehr Messungen die Theorie stützen, desto wahrscheinlicher entspricht sie dem naturwissenschaftlichen Phänomen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, durch Messwiederholung und wiederkehrende Bestätigung kann sich eine Theorie endgültig als wahr herausstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, die Anzahl der Bestätigungen hat keinen Einfluss auf die Absicherung der Theorie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, die Bestätigung einer Theorie ist generell nicht möglich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.2b	<i>Experimentieren wird erst durch Vorwissen des Experimentators ermöglicht.</i>			
1	Ja, ausschließlich Vorwissen ermöglicht überhaupt wissenschaftliches Messen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, das Vorwissen beeinflusst den Messprozess durch die sich aus dem Wissen ergebenden Fragestellungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, naturwissenschaftliches Arbeiten zeichnet sich durch Unabhängigkeit der Ergebnisse eines Messprozesses vom Vorwissen aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, durch die objektive Herangehensweise der Naturwissenschaften ist der Messprozess losgelöst vom Wissen des Messenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.3b	<i>Die Existenz von Elektronen ist durch die Forschung gesichert.</i>			
1	Ja, unzählige Versuche haben die Existenz von Elektronen ausreichend abgesichert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, aus der hohen Vorhersagekraft chemischer und physikalischer Theorien folgt notwendigerweise die Existenz von Elektronen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, das Modell eines Elektrons passt sehr gut zu den beobachtbaren Phänomenen, daraus folgt aber nicht dessen Existenz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
4	Nein, Elektronen werden immer nur Modellvorstellungen bleiben, da sie sich unserer direkten Beobachtung entziehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.4b <i>Die Naturwissenschaft nähert sich immer weiter der Wahrheit an.</i>					
1	Ja, im Laufe der Zeit wird ein immer höherer Grad der Sicherheit erreicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, bestimmte Gebiete der Forschung können irgendwann endgültig abgeschlossen werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, die Wissenschaft verschiebt lediglich den Fokus der Fragestellungen über die Natur, nicht aber den Grad der Wahrheit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, da es generell keine Wahrheit in Bezug auf naturwissenschaftliche Aussagen gibt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.5b <i>Es steht fest, dass unsere Welt aus elementaren Teilchen aufgebaut ist.</i>					
1	Ja, seit den Nachweisen der Chemie und Physik ist dies gesichertes Wissen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, elementare Teilchen können in Experimenten nicht nur untersucht, sondern auch genutzt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, die Existenz elementarer Teilchen ist bisher lediglich postuliert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, elementare Teilchen werden immer bloße Modelle bleiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.6b <i>Die Naturwissenschaften sind frei von politischen Einflüssen.</i>					
1	Ja, die Ergebnisse der Naturwissenschaften sind unabhängig von gesellschaftlichen Handlungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, NaturwissenschaftlerInnen kommen lediglich auf streng empirischen Wegen zu Wissen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, Wissenschaft ist wesentlich von politischen Systemen beeinflusst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, naturwissenschaftliche Wissen kann stark politisch motiviert sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		<i>Stimme zu</i>	<i>Stimme nicht zu</i>
<hr/>			
P1.7b	<i>Die Natur folgt stets Gesetzmäßigkeiten.</i>		
1	Ja, es gibt eine zugrundeliegende Wahrheit, die die Naturwissenschaft zu enträtseln versucht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, die Natur macht keine Sprünge, sie verhält sich stets nach feststehenden Gesetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, der Natur liegt kein tieferliegendes System inne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, die von der Naturwissenschaft aufgestellten Gesetze sind lediglich konstruiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.8b	<i>Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt.</i>		
1	Ja, verschiedene Forschungsleitsätze führen zu unterschiedlichen Interpretationen einer Messung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, die gleichen empirischen Daten können zwei unterschiedliche Theorien gleichzeitig stützen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, empirische Daten sind objektiv und verlässlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, die Interpretation von Daten obliegt einer großen Gemeinde von WissenschaftlerInnen und ist somit unabhängig von Kulturen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P1.9b	<i>Eine Theorie muss komplett verworfen werden, wenn ein Experiment ihre Vorhersage nicht bestätigt.</i>		
1	Ja, schon ein einziger abweichender Messwert führt zur Falsifikation der gesamten Theorie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ja, wenn die abweichende Messung wiederholt bestätigt werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nein, die Theorie kann in anderen Bereichen trotzdem gute Vorhersagen machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Nein, durch Zusatzannahmen kann eine Theorie gerettet werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Studie.

Norman Riehs



## D Instrumente der Prä-Pilotierung II



Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank, dass Sie an der Umfrage für angehende naturwissenschaftliche Lehrkräfte teilnehmen. Die Studie wird im Rahmen einer Promotion Verwendung finden. Die Auswertung erfolgt anonym, und wird nicht an Ihre BetreuerInnen zurück gegeben.

Da Sie weiterhin keinen Test, sondern einen Fragebogen ausfüllen werden, sind Sie nicht gezwungen, die „richtige“ Antwort zu finden, sondern Ihre Meinung ist gefragt. In diesem Fragebogen gibt es kein „richtig“ oder „falsch“.

Vielen Dank für Ihre Mühen,  
Norman Riehs

### Erhebung biographischer Angaben

*B1* Bitte nennen Sie Ihre Anrede:

Frau ☐

Herr ☐

*B2* Bitte nennen Sie Ihr Geburtsjahr:

19

*B3* Unterrichten Sie Physik, Chemie oder beides?

Physik ☐

Chemie ☐

B4 Bitte geben Sie Ihre weiteren (angestrebten) Unterrichtsfächer an:

Zweifach: \_\_\_\_\_

Drittfach: \_\_\_\_\_

## Fragebogen zum wissenschaftlichen Realismus

		<i>Stimme</i>		<i>Stimme</i>	
		<i>zu</i>		<i>nicht zu</i>	
P2.1	Eine wissenschaftliche Theorie wird durch vielfache Bestätigung ihrer Vorhersagen in Experimenten verifiziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.2	Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.3	Die Existenz von Elektronen ist durch die Forschung gesichert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.4	Die Naturwissenschaft nähert sich immer weiter der Wahrheit an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.5	Es steht fest, dass unsere Welt aus elementaren Teilchen aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.6	Die Naturwissenschaften sind frei von politischen Einflüssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.7	Die Natur folgt stets Gesetzmäßigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.8	Eine Theorie steht in festem Zusammenhang mit einem Phänomen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.9	Eine Theorie muss komplett verworfen werden, wenn ein Experiment ihre Vorhersage nicht bestätigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.10	Naturgesetze gelten unabhängig vom Beobachter, der sie untersucht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.11	Die mathematische Methode ist die beste, mit der Naturwissenschaft betrieben werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.12	Eine Theorie kann sich irgendwann als endgültig wahr herausstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---

		<i>Stimme</i>		<i>Stimme</i>	
		<i>zu</i>		<i>nicht zu</i>	
P2.13	Die menschliche Art des Denkens bestimmt wesentlich die wissenschaftliche Betrachtung der Welt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.14	Naturwissenschaftliche Theorien müssen durch mathematische Formeln angegeben werden können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.15	Experimentieren wird erst durch Vorwissen des Experimentators ermöglicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.16	Der Einfluss von Theorien wichtiger WissenschaftlerInnen kann andere WissenschaftlerInnen dazu bringen, ihren eigenen Messwerten nicht zu vertrauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.17	In der Wissenschaft werden Zusammenhänge nicht entdeckt, sondern konstruiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
P2.18	Die Wissenschaft erbringt die objektivste Form von Wissen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---

# E Instrumente der Pilotstudie

## Einleitung



Liebe Doktorandinnen und Doktoranden,

Vielen Dank für die Teilnahme an der Pilotierung meiner Testinstrumente. Bitte lest Euch die Items in Ruhe durch und bewertet die Aussagen, oder wählt eine der Antwortalternativen aus. Bei Fragen könnt Ihr Euch gerne an mich wenden.

Vielen Dank für Eure Mühen,  
Norman

## Biographische Angaben

*B1* Bitte nennen Sie Ihre Anrede:

Frau ☐

Herr ☐

*B2* Bitte nennen Sie Ihr Geburtsjahr:

19

*B3* Unterrichten Sie Physik, Chemie oder beides?

Physik ☐

Chemie ☐

*B4* Bitte geben Sie Ihre weiteren (angestrebten) Unterrichtsfächer an:

Zweifach: \_\_\_\_\_

Drittfach: \_\_\_\_\_

*B5* Bitte geben Sie Ihren höchsten Bildungsabschluss an:

Diplom

Physik ☐

Chemie ☐

Anderes Diplom ☐

Master

Physik (M.Sc.) ☐

Chemie (M.Sc.) ☐

Education (M.Ed.) ☐

Anderer Master ☐

Erstes Staatsexamen LA ☐

Zweites Staatsexamen LA ☐

*B6*      Geben Sie momentan bedarfsdeckenden Unterricht?

Ja                      ☐

Nein                   ☐

*B7*      Haben Sie bereits bedarfsdeckenden Unterricht gegeben?

Ja                      ☐, für etwa ☐☐ Monate

Nein                   ☐

*B8*      Wie viel Prozent Ihres Unterrichtspensums geben/ gaben Sie  
etwa in der Oberstufe?

ca. ☐☐

---

*Wenn Sie Physik studiert haben, beantworten Sie bitte folgende Fragen:*

*P1* Welcher generellen Strömung der Physik fühlen Sie sich näher?

Experimentalphysik ☐

Theoretische Physik ☐

keiner / beiden ☐

*P2* Welche Subdomäne(n) der Physik liegt/en Ihnen am nächsten?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

Klassische Mechanik ☐

Quantenmechanik ☐

Relativistische Physik ☐

Elektrodynamik / Optik ☐

Thermodynamik ☐

keiner / alle ☐

*Wenn Sie Chemie studiert haben, beantworten Sie bitte folgende Fragen:*

*C1* Welcher generellen Strömung der Chemie fühlen Sie sich näher?

Angewandte Chemie ☐

Theoretische Chemie ☐

keiner / beiden ☐

*C2* Welche Subdomäne(n) der Chemie liegt/en Ihnen am nächsten?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

Anorganische / Allgemeine Chemie ☐

Organische / Biologische Chemie ☐

Physikalische Chemie ☐

keine / alle ☐

## Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus

*Bitte beziehen Sie Stellung zu den folgenden Aussagen:*

		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
R1	Eine wissenschaftliche Theorie wird durch vielfache Bestätigung ihrer Vorhersagen in Experimenten verifiziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R2	Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R3	Eine Theorie steht in festem Zusammenhang mit einem Phänomen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R4	Experimentieren wird erst durch Vorwissen des Experimentators ermöglicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R5	Eine Theorie muss komplett verworfen werden, wenn ein Experiment ihre Vorhersage nicht bestätigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R6	Die mathematische Methode ist die beste, mit der Naturwissenschaft betrieben werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R7	Die Naturwissenschaften sind frei von politischen Einflüssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R8	Die Existenz von Elektronen ist durch die Forschung gesichert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R9	Naturgesetze gelten unabhängig vom Beobachter, der sie untersucht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R10	Die Natur folgt stets Gesetzmäßigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R11	Die Naturwissenschaft nähert sich immer weiter der Wahrheit an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R12	Eine Theorie kann sich irgendwann als endgültig wahr herausstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R13	Der Einfluss von Theorien wichtiger WissenschaftlerInnen kann andere WissenschaftlerInnen dazu bringen, ihren eigenen Messwerten nicht zu vertrauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R14	Es steht fest, dass unsere Welt aus elementaren Teilchen aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R15	Naturwissenschaftliche Theorien müssen durch mathematische Formeln angegeben werden können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R16	Die menschliche Art des Denkens bestimmt wesentlich die wissenschaftliche Betrachtung der Welt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R17	In der Wissenschaft werden Zusammenhänge nicht entdeckt, sondern konstruiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
R18	Die Wissenschaft erbringt die objektivste Form von Wissen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Assoziationsstudie zu wissenschaftlichen Universalien

*Wenn Sie an folgende Begriffe denken, welches konkrete Beispiel fällt Ihnen als erstes dazu ein?*

- A1 Theorie: \_\_\_\_\_
- A2 Gesetz: \_\_\_\_\_
- A3 Wissenschaft: \_\_\_\_\_
- A4 Modell: \_\_\_\_\_
- A5 Experiment: \_\_\_\_\_

### Test zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie

*Der folgende Teil erfragt Ihr Wissen im Bereich der Wissenschaftstheorie. Bitte wählen Sie die Ihrer Meinung nach richtige Antwort aus.*

W01 Als „Gründervater“ welcher philosophischen Strömung ist Karl R. Popper bekannt geworden?

- Kritischer Rationalismus ☐
- Positivismus ☐
- Konstruktiver Realismus ☐
- Logischer Empirismus ☐

W02 Wessen Standardwerk der Wissenschaftstheorie heißt „Wider den Methodenzwang“ („Against Method“)?

- Paul Feyerabend ☐
- Bas Van Fraassen ☐
- Carl Hempel ☐
- Thomas S. Kuhn ☐

- 
- W03 *Mit welchem Denker wird häufig der Begriff des „Paradigmenwechsels“ in Verbindung gebracht?*
- Charles S. Peirce ☐
- Karl R. Popper ☐
- Paul Feyerabend ☐
- Thomas S. Kuhn ☐
- W04 *Was versteht man unter einem induktiven logischen Schluss?*
- Ein Schluss von Bedingung und Konsequenz auf eine Regel ☐
- Ein Schluss von Regel und einer Bedingung auf die Konsequenz ☐
- Ein Schluss von Regel und Konsequenz auf eine Bedingung ☐
- Ein Schluss von einer Regel auf die Bedingung und Konsequenz ☐
- W05 *Nennen Sie die philosophische Gegenposition zum Empirismus.*
- Materialismus ☐
- Historizismus ☐
- Rationalismus ☐
- Instrumentalismus ☐
- W06 *Aus welcher philosophischen Strömung ging der „Wiener Kreis“ nach dem ersten Weltkrieg wesentlich hervor?*
- Positivismus ☐
- Historizismus ☐
- Instrumentalismus ☐
- Pragmatismus ☐
- W07 *Wer gilt als Begründer des „raffinierten Falsifikationismus“?*
- Imre Lakatos ☐
- Ronald Giere ☐
- Bas van Fraassen ☐
- Paul Feyerabend ☐
-

- 
- W08    *Welche Denkrichtung geht auf Charles S. Peirce zurück?*
- Instrumentalismus ☐
- Historizismus ☐
- Positivismus ☐
- Pragmatismus ☐
- W09    *Was versteht man unter einem deduktiven logischen Schluss?*
- Ein Schluss von Bedingung und Konsequenz auf eine Regel ☐
- Ein Schluss von Regel und einer Bedingung auf die Konsequenz ☐
- Ein Schluss von Regel und Konsequenz auf eine Bedingung ☐
- Ein Schluss von einer Regel auf die Bedingung und Konsequenz ☐
- W10    *Nennen Sie die philosophische Gegenposition zum Idealismus.*
- Instrumentalismus ☐
- Materialismus ☐
- Rationalismus ☐
- Empirismus ☐
- W11    *Warum ist die folgende Aussage keine streng-wissenschaftliche Hypothese:*  
*„Bei starkem Zigarettenkonsum kann es zu einem Herzinfarkt kommen.“*
- ...weil die Hypothese nicht verifizierbar ist. ☐
- ...weil die Hypothese medizinische Inhalte betrifft. ☐
- ...weil die Hypothese nicht falsifizierbar ist. ☐
- ...weil die Hypothese bereits bewiesen ist. ☐
-

## Fragebogen zum Interesse an Wissenschaftstheorie

		<i>Großes</i>		<i>Kein</i>	
		<i>Interes-</i>		<i>Interes-</i>	
		<i>se</i>		<i>se</i>	
I01	Interessieren Sie sich für Philosophie im Allgemeinen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I02	Interessieren Sie sich für Wissenschaftstheorie / Philosophie der Wissenschaften?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I03	Interessieren Sie sich für Wissenschaftsgeschichte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>oft</i>		<i>nie</i>	
I01	Wie oft beschäftigen Sie sich privat mit Wissenschaftstheorie oder Philosophie der Wissenschaften?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		$\geq 5$	$3/4$	$1/2$	$0$
I05	Wie viele Bücher besitzen Sie etwa, die Wissenschaftstheorie zum Inhalt haben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I06	Wie häufig haben Sie Wissenschaftstheorie in der Universität behandelt?				
	<i>Bin während des Studiums nicht mit dem Thema in Berührung gekommen.</i>				<input type="checkbox"/>
	<i>War das Thema eines Teils einer VL / SE.</i>				<input type="checkbox"/>
	<i>War das Thema einer eigenständigen VL / SE.</i>				<input type="checkbox"/>
	<i>Habe mehrere Kurse in Philosophie / Wissenschaftstheorie besucht.</i>				<input type="checkbox"/>

## Fragebogen zu Modellen

Wie ist Ihre Meinung über Modelle und ihre Zwecke und Charakteristika?

		<i>Stimme</i>		<i>Stimme</i>	
		<i>zu</i>		<i>nicht zu</i>	
MA1	Die meisten Modelle können genutzt werden, um unterschiedliche Perspektiven auf ein Zielobjekt/ Phänomen einzunehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA2	Ein Modell beinhaltet alles, was zur Darstellung und Erklärung eines wissenschaftlichen Phänomens nötig ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA3	Ein Modell sollte eine exakte Kopie des Zielobjekts/ Phänomens sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
MA4	Ein Modell muss eine Nähe zum Zielobjekt/ Phänomen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA5	Die Informationen eines Modells müssen es dem Anwender ermöglichen, zu wissen, was es repräsentiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA6	Ein Modell muss eine solche Nähe zum Zielobjekt/ Phänomen aufweisen, dass in jeder Hinsicht exakt ist, ausgenommen des Größenverhältnisses.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA8	Ein Model zeigt stets das Aussehen des Zielobjektes/ Phänomens.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA9	Ein Model zeigt stets die Funktionen des Zielobjektes/ Phänomens.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK1	Kreativität ist einer der Hauptfaktoren bei der Entwicklung von Modellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK2	Ein Modell stellt die Ideen von WissenschaftlerInnen dar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK3	Die Entwicklung eines Modells wird von den Fragen der Forscherinnen und Forscher geleitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK4	Modelle werden nicht erfunden, sondern gefunden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MR1	WissenschaftlerInnen nutzen stets die ausgereiftesten Modelle, die zu Verfügung stehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MR2	Die Beurteilung von Modellen stützt sich im Wesentlichen mehr auf die Richtigkeit als auf die Brauchbarkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MR3	WissenschaftlerInnen versuchen ein Modell so einfach wie möglich zu gestalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MC1	Wenn im Unterricht Modelle besprochen werden, wird häufig der Globus als Beispiel herangezogen. Sie besuchen verschiedene Unterrichtsstunden der <u>Mittelstufe</u> zu diesem Thema, jede endet mit der Niederschrift eines „Merksatzes“ an der Tafel. Wie adäquat finden Sie die verschiedenen Merksätze?				
MC1a	<i>Ein Globus ist ein Modell, das die Erde in kleinerem Maßstab repräsentiert.</i>	<input type="checkbox"/>			
MC1b	<i>Ein Globus ist ein Modell von der Vorstellung, die Menschen von einigen Eigenschaften des Planeten haben.</i>	<input type="checkbox"/>			
MC1c	<i>Ein Globus ist ein Modell, welches einige, wenn auch nicht alle Eigenschaften der Erde repräsentiert.</i>	<input type="checkbox"/>			
MC1d	<i>Ein Globus ist ein mögliches Modell von der Erde.</i>	<input type="checkbox"/>			

MC2 Wie würden Sie die gleichen Aussagen bewerten, wenn Sie die Merksätze in der für die Oberstufe bewerten würden?

MC2a *Ein Globus ist ein Modell, das die Erde in kleinerem Maßstab repräsentiert.* ☐

MC2b *Ein Globus ist ein Modell von der Vorstellung, die Menschen von einigen Eigenschaften des Planeten haben.* ☐

MC2c *Ein Globus ist ein Modell, welches einige, wenn auch nicht alle Eigenschaften der Erde repräsentiert.* ☐

MC2d *Ein Globus ist ein mögliches Modell von der Erde.* ☐

Nennen Sie die Wichtigkeit der folgenden Lehreraktivitäten. Wie häufig führen Sie durch bzw. planen Sie folgende Handlungen im naturwissenschaftlichen Unterricht?

		<i>häufig</i>		<i>nie</i>	
MB1	Sie sprechen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Modell und dem Zielobjekt/ Phänomen an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB2	Sie diskutieren die Adäquatheit eines bestimmten Modells im Vergleich mit einem anderen Modell, etwa mit einem Beispiel aus der Geschichte des Faches.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB3	Sie diskutieren das Wesen und die Funktionen von wissenschaftlichen Modellen im Allgemeinen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB4	Sie führen ein Modell vor der Durchführung eines Versuches ein, um Ihren Schülerinnen und Schülern das Verständnis der empirischen Ergebnisse, die durch das Modell gewonnen werden, zu ermöglichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB5	Mit der Einführung in ein neues Thema präsentieren Sie ein Modell, um Ihren Schülerinnen und Schülern eine theoretische Grundlage an die Hand zu geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB6	In einer Diskussion mit Schülerinnen und Schülern entwerfen Sie ein Modell, um ein bestimmtes Phänomen zu erklären oder zu beschreiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB7	In einer Diskussion mit Schülerinnen und Schülern vergleichen Sie verschiedene Modelle, die das gleiche Phänomen beschreiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB8	Sie diskutieren die Entwicklung wissenschaftlicher Modelle im Allgemeinen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB9	Sie diskutieren anhand eines Beispiels die Entwicklung eines bestimmten Modells.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- MD1 Bei der Einführung und Vertiefung von Modellen und ihren Eigenschaften sind meist verschiedene Interessen gegeneinander abzuwägen. Welche Herangehensweise halten Sie im Allgemeinen für sinnvoller?

*Es ist eher sinnvoll, die Einführung in die Charakteristika von Modellen vor den konkreten Fachinhalten abzuhalten.* ☐

*Es ist eher sinnvoll, die Einführung in die Charakteristika von Modellen mit den Fachinhalten zu verknüpfen.* ☐

- MD2 Ebenso ist die didaktische Reduktion und das Verständnis von Modellen gegeneinander abzuwägen. Welche Pointierung halten Sie im Allgemeinen für sinnvoller?

*Man sollte die Charakteristika von Modellen reduzieren, um die Fachinhalte adäquat unterrichten zu können.* ☐

*Ein tieferes Verständnis von Modellen ist unabdingbar, um naturwissenschaftliche Fachinhalte adäquat zu unterrichten.* ☐

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Studie.

Norman Riehs



# F Instrumente der Hauptstudie

## Einleitung



Liebe Referendarinnen und Referendare!

Zunächst einmal möchte ich mich für Ihre Teilnahme bedanken.

Die Teilnahme an dem Fragebogen ist freiwillig, auch wenn Ihr Fachleiter oder Ihre Fachleiterin der Befragung zugestimmt hat. Ebenfalls wird Ihnen Anonymität zugesichert. Ihre Daten werden streng vertraulich behandelt.

Wenn Sie Interesse an einer Folgestudie (Interview, ca. 20-30 min) haben, können Sie Ihre Email-Adresse angeben, unter der wir Sie erreichen können. Die Teilnahme an der Folgestudie wird mit 50 Euro vergütet. Auch bei Angabe einer Email-Adresse versichern wir Ihnen natürlich volle Vertraulichkeit zu. Die Teilnahme an der Folgestudie ist nicht verpflichtend. Falls Sie Fragen haben können Sie sich gerne an mich oder eine der Mitarbeiterinnen oder Mitarbeiter wenden, die während der Beantwortung des Fragebogens anwesend sein werden.

Freiwillige Abgabe der Email-Adresse für eine Anfrage für das Interview (bitte in Druckschrift eintragen):

\_\_\_\_\_ @ \_\_\_\_\_

Norman Riehs, MA

## Erhebung biographischer Angaben

*B1* Bitte nennen Sie Ihre Anrede:

Frau ☐

Herr ☐

*B2* Bitte nennen Sie Ihr Geburtsjahr:

19 ☐☐

*B3* Unterrichten Sie Physik, Chemie oder beides?

Physik ☐

Chemie ☐

*B4* Bitte geben Sie Ihre weiteren (angestrebten) Unterrichtsfächer an:

Zweifach: \_\_\_\_\_

Drittfach: \_\_\_\_\_

*B5* Bitte geben Sie Ihren höchsten Bildungsabschluss an:

Diplom

Physik ☐

Chemie ☐

Anderes Diplom ☐

Master

Physik (M.Sc.) ☐

Chemie (M.Sc.) ☐

Education (M.Ed.) ☐

Anderer Master ☐

Erstes Staatsexamen LA ☐

Zweites Staatsexamen LA ☐

*B6*      Geben Sie momentan bedarfsdeckenden Unterricht?

Ja                      ☐

Nein                   ☐

*B7*      Haben Sie bereits bedarfsdeckenden Unterricht gegeben?

Ja                      ☐, für etwa ☐☐ Monate

Nein                   ☐

*B8*      Wie viel Prozent Ihres Unterrichtspensums geben/ gaben Sie  
etwa in der Oberstufe?

ca. ☐☐

---

*Wenn Sie Physik studiert haben, beantworten Sie bitte folgende Fragen:*

*P1* Welcher generellen Strömung der Physik fühlen Sie sich näher?

Experimentalphysik ☐

Theoretische Physik ☐

keiner / beiden ☐

*P2* Welche Subdomäne(n) der Physik liegt/en Ihnen am nächsten?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

Klassische Mechanik ☐

Quantenmechanik ☐

Relativistische Physik ☐

Elektrodynamik / Optik ☐

Thermodynamik ☐

keiner / alle ☐

*Wenn Sie Chemie studiert haben, beantworten Sie bitte folgende Fragen:*

*C1* Welcher generellen Strömung der Chemie fühlen Sie sich näher?

Angewandte Chemie ☐

Theoretische Chemie ☐

keiner / beiden ☐

*C2* Welche Subdomäne(n) der Chemie liegt/en Ihnen am nächsten?

*(Mehrfachnennungen möglich)*

Anorganische / Allgemeine Chemie ☐

Organische / Biologische Chemie ☐

Physikalische Chemie ☐

keine / alle ☐

## Fragebogen zum Grad des wissenschaftlichen Realismus

*Bitte beziehen Sie Stellung zu den folgenden Aussagen:*

		<i>Stimme</i> <i>zu</i>		<i>Stimme</i> <i>nicht zu</i>	
R1	Eine wissenschaftliche Theorie wird durch vielfache Bestätigung ihrer Vorhersagen in Experimenten verifiziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R2	Ein wissenschaftlicher Messprozess ist durch die wissenschaftliche Kultur geprägt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R3	Eine Theorie steht in festem Zusammenhang mit einem Phänomen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R4	Experimentieren wird erst durch Vorwissen des Experimentators ermöglicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R5	Eine Theorie muss komplett verworfen werden, wenn ein Experiment ihre Vorhersage nicht bestätigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R6	Die mathematische Methode ist die beste, mit der Naturwissenschaft betrieben werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R7	Die Naturwissenschaften sind frei von politischen Einflüssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R8	Die Existenz von Elektronen ist durch die Forschung gesichert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R9	Naturgesetze gelten unabhängig vom Beobachter, der sie untersucht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R10	Die Natur folgt stets Gesetzmäßigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R11	Die Naturwissenschaft nähert sich immer weiter der Wahrheit an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R12	Eine Theorie kann sich irgendwann als endgültig wahr herausstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R13	Der Einfluss von Theorien wichtiger WissenschaftlerInnen kann andere WissenschaftlerInnen dazu bringen, ihren eigenen Messwerten nicht zu vertrauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R14	Es steht fest, dass unsere Welt aus elementaren Teilchen aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R15	Naturwissenschaftliche Theorien müssen durch mathematische Formeln angegeben werden können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---

		<i>Stimme</i>		<i>Stimme</i>	
		<i>zu</i>		<i>nicht zu</i>	
R16	Die menschliche Art des Denkens bestimmt wesentlich die wissenschaftliche Betrachtung der Welt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R17	In der Wissenschaft werden Zusammenhänge nicht entdeckt, sondern konstruiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R18	Die Wissenschaft erbringt die objektivste Form von Wissen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---

## Assoziationsstudie wissenschaftlicher Begriffe

*Wenn Sie an folgende Begriffe denken, welches konkrete Beispiel fällt Ihnen als erstes dazu ein?*

- A1 Theorie: \_\_\_\_\_
- A2 Gesetz: \_\_\_\_\_
- A3 Wissenschaft: \_\_\_\_\_
- A4 Modell: \_\_\_\_\_
- A5 Experiment: \_\_\_\_\_

## Test zum Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie

*Der folgende Teil erfragt Ihr Wissen im Bereich der Wissenschaftstheorie. Bitte wählen Sie die Ihrer Meinung nach richtige Antwort aus.*

W01 Als „Gründervater“ welcher philosophischen Strömung ist Karl R. Popper bekannt geworden?

- Kritischer Rationalismus ☐
- Positivismus ☐
- Konstruktiver Realismus ☐
- Logischer Empirismus ☐

W03 Mit welchem Denker wird häufig der Begriff des „Paradigmenwechsels“ in Verbindung gebracht?

- Charles S. Peirce ☐
- Karl R. Popper ☐
- Paul Feyerabend ☐
- Thomas S. Kuhn ☐

W04 Was versteht man unter einem induktiven logischen Schluss?

- Ein Schluss von Bedingung und Konsequenz auf eine Regel ☐
- Ein Schluss von Regel und einer Bedingung auf die Konsequenz ☐
- Ein Schluss von Regel und Konsequenz auf eine Bedingung ☐
- Ein Schluss von einer Regel auf die Bedingung und Konsequenz ☐

- 
- W05 *Nennen Sie die philosophische Gegenposition zum Empirismus.*
- Materialismus ☐
- Historizismus ☐
- Rationalismus ☐
- Instrumentalismus ☐
- W08 *Welche Denkrichtung geht auf Charles S. Peirce zurück?*
- Instrumentalismus ☐
- Historizismus ☐
- Positivismus ☐
- Pragmatismus ☐
- W09 *Was versteht man unter einem deduktiven logischen Schluss?*
- Ein Schluss von Bedingung und Konsequenz auf eine Regel ☐
- Ein Schluss von Regel und einer Bedingung auf die Konsequenz ☐
- Ein Schluss von Regel und Konsequenz auf eine Bedingung ☐
- Ein Schluss von einer Regel auf die Bedingung und Konsequenz ☐
- W10 *Nennen Sie die philosophische Gegenposition zum Idealismus.*
- Instrumentalismus ☐
- Materialismus ☐
- Rationalismus ☐
- Empirismus ☐
- W11 *Warum ist die folgende Aussage keine streng-wissenschaftliche Hypothese:  
„Bei starkem Zigarettenkonsum kann es zu einem Herzinfarkt kommen.“*
- ...weil die Hypothese nicht verifizierbar ist. ☐
- ...weil die Hypothese medizinische Inhalte betrifft. ☐
- ...weil die Hypothese nicht falsifizierbar ist. ☐
- ...weil die Hypothese bereits bewiesen ist. ☐
-



## Fragebogen zum Interesse an Wissenschaftstheorie

		<i>Großes</i> <i>Interes-</i> <i>se</i>		<i>Kein</i> <i>Interes-</i> <i>se</i>	
I01	Interessieren Sie sich für Philosophie im Allgemeinen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I02	Interessieren Sie sich für Wissenschaftstheorie / Philosophie der Wissenschaften?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I03	Interessieren Sie sich für Wissenschaftsgeschichte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>oft</i>		<i>nie</i>	
I01	Wie oft beschäftigen Sie sich privat mit Wissenschaftstheorie oder Philosophie der Wissenschaften?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		$\geq 5$	$3/4$	$1/2$	$0$
I05	Wie viele Bücher besitzen Sie etwa, die Wissenschaftstheorie zum Inhalt haben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I06	Wie häufig haben Sie Wissenschaftstheorie in der Universität behandelt?				
	<i>Bin während des Studiums nicht mit dem Thema in Berührung gekommen.</i>	<input type="checkbox"/>			
	<i>War das Thema eines Teils einer VL / SE.</i>	<input type="checkbox"/>			
	<i>War das Thema einer eigenständigen VL / SE.</i>	<input type="checkbox"/>			
	<i>Habe mehrere Kurse in Philosophie / Wissenschaftstheorie besucht.</i>	<input type="checkbox"/>			

## Fragebogen zu Modellen

Wie ist Ihre Meinung über Modelle und ihre Zwecke und Charakteristika?

		<i>Stimme</i> <i>zu</i>		<i>Stimme</i> <i>nicht zu</i>	
MA1	Die meisten Modelle können genutzt werden, um unterschiedliche Perspektiven auf ein Zielobjekt/ Phänomen einzunehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA2	Ein Modell beinhaltet alles, was zur Darstellung und Erklärung eines wissenschaftlichen Phänomens nötig ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		<i>Stimme zu</i>		<i>Stimme nicht zu</i>	
MA3	Ein Modell sollte eine exakte Kopie des Zielobjekts/ Phänomens sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA4	Ein Modell muss eine Nähe zum Zielobjekt/ Phäno- men haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA5	Die Informationen eines Modells müssen es dem An- wender ermöglichen, zu wissen, was es repräsentiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA6	Ein Modell muss eine solche Nähe zum Zielobjekt/ Phänomen aufweisen, dass in jeder Hinsicht exakt ist, ausgenommen des Größenverhältnisses.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA7	Viele Modelle zeigen unterschiedliche Teile eines Ob- jektes oder zeigen Objekte unterschiedlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA8	Ein Model zeigt stets das Aussehen des Zielobjektes/ Phänomens.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MA9	Ein Model zeigt stets die Funktionen des Zielobjektes/ Phänomens.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK1	Kreativität ist einer der Hauptfaktoren bei der Ent- wicklung von Modellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK2	Ein Modell stellt die Ideen von WissenschaftlerInnen dar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK3	Die Entwicklung eines Modells wird von den Fragen der Forscherinnen und Forscher geleitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MK4	Modelle werden nicht erfunden, sondern gefunden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MR1	WissenschaftlerInnen nutzen stets die ausgereiftesten Modelle, die zu Verfügung stehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MR2	Die Beurteilung von Modellen stützt sich im Wesent- lichen mehr auf die Richtigkeit als auf die Brauchbar- keit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MR3	WissenschaftlerInnen versuchen ein Modell so einfach wie möglich zu gestalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- MC1 Wenn im Unterricht Modelle besprochen werden, wird häufig der Globus als Beispiel herangezogen. Sie besuchen verschiedene Unterrichtsstunden der Mittelstufe zu diesem Thema, jede endet mit der Niederschrift eines „Merksatzes“ an der Tafel. Wie adäquat finden Sie die verschiedenen Merksätze?
- MC1a *Ein Globus ist ein Modell, das die Erde in kleinerem Maßstab repräsentiert.* ☐
- MC1b *Ein Globus ist ein Modell von der Vorstellung, die Menschen von einigen Eigenschaften des Planeten haben.* ☐
- MC1c *Ein Globus ist ein Modell, welches einige, wenn auch nicht alle Eigenschaften der Erde repräsentiert.* ☐
- MC1d *Ein Globus ist ein mögliches Modell von der Erde.* ☐
- MC2 Wie würden Sie die gleichen Aussagen bewerten, wenn Sie die Merksätze in der für die Oberstufe bewerten würden?
- MC2a *Ein Globus ist ein Modell, das die Erde in kleinerem Maßstab repräsentiert.* ☐
- MC2b *Ein Globus ist ein Modell von der Vorstellung, die Menschen von einigen Eigenschaften des Planeten haben.* ☐
- MC2c *Ein Globus ist ein Modell, welches einige, wenn auch nicht alle Eigenschaften der Erde repräsentiert.* ☐
- MC2d *Ein Globus ist ein mögliches Modell von der Erde.* ☐
-

Nennen Sie die Wichtigkeit der folgenden Lehreraktivitäten. Wie häufig führen Sie durch bzw. planen Sie folgende Handlungen im naturwissenschaftlichen Unterricht?

		<i>häufig</i>			<i>nie</i>
MB1	Sie sprechen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Modell und dem Zielobjekt/ Phänomen an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB2	Sie diskutieren die Adäquatheit eines bestimmten Modells im Vergleich mit einem anderen Modell, etwa mit einem Beispiel aus der Geschichte des Faches.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB3	Sie diskutieren das Wesen und die Funktionen von wissenschaftlichen Modellen im Allgemeinen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB4	Sie führen ein Modell vor der Durchführung eines Versuches ein, um Ihren Schülerinnen und Schülern das Verständnis der empirischen Ergebnisse, die durch das Modell gewonnen werden, zu ermöglichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB5	Mit der Einführung in ein neues Thema präsentieren Sie ein Modell, um Ihren Schülerinnen und Schülern eine theoretische Grundlage an die Hand zu geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB6	In einer Diskussion mit Schülerinnen und Schülern entwerfen Sie ein Modell, um ein bestimmtes Phänomen zu erklären oder zu beschreiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB7	In einer Diskussion mit Schülerinnen und Schülern vergleichen Sie verschiedene Modelle, die das gleiche Phänomen beschreiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB8	Sie diskutieren die Entwicklung wissenschaftlicher Modelle im Allgemeinen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MB9	Sie diskutieren anhand eines Beispiels die Entwicklung eines bestimmten Modells.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MD1 Bei der Einführung und Vertiefung von Modellen und ihren Eigenschaften sind meist verschiedene Interessen gegeneinander abzuwägen. Welche Herangehensweise halten Sie im Allgemeinen für sinnvoller?

*Es ist eher sinnvoll, die Einführung in die Charakteristika von Modellen vor den konkreten Fachinhalten abzuhalten.* ☐

*Es ist eher sinnvoll, die Einführung in die Charakteristika von Modellen mit den Fachinhalten zu verknüpfen.* ☐

MD2 Ebenso ist die didaktische Reduktion und das Verständnis von Modellen gegeneinander abzuwägen. Welche Pointierung halten Sie im Allgemeinen für sinnvoller?

*Man sollte die Charakteristika von Modellen reduzieren, um die Fachinhalte adäquat unterrichten zu können.* ☐

*Ein tieferes Verständnis von Modellen ist unabdingbar, um naturwissenschaftliche Fachinhalte adäquat zu unterrichten.* ☐

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Studie.

Norman Riehs

## G Ergebnisse der Hauptstudie

### Ergebnisse der Ratings zur Assoziationsstudie

Drei Rater mit unterschiedlichem Fachhintergrund bewerten die zu den fünf Universalien genannten Begriffe der Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach ihren Kontexten (1) *physikalisch*, (2) *chemisch*, (3) *sowohl als auch* oder (4) *weder noch*. Die Inter-Rater-Reliabilitäten sind in Tabelle 8.5 auf Seite 99 aufgelistet. Mehrfach genannte Begriffe – auch kategorieübergreifend – sind zusammengefasst und nur einmal bewertet. Orthographische Fehler der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind korrigiert.

Begriffe	Rater 1	Rater 2	Rater 3
<b>Theorie</b>			
Quantentheorie	1	1	1
Relativitätstheorie	1	1	1
Evolutionstheorie	4	4	4
Welle-Teilchen-Dualismus	3	1	3
Stoßtheorie	1	1	1
Teilchen	3	3	3
Materie besteht aus kleinen Teilchen	3	3	2
String-Theorie	1	1	1
Schwarzes Loch	1	1	1
Teilchen-Welle Dualismus des Lichts	1	1	1
Atomtheorie	3	3	2
Theorie der kleinen Teilchen	3	3	3
Periodensystem	2	3	2
Elektron ist weiter spaltbar	1	1	1
Periodensystem der Elemente	2	3	2
Urknalltheorie	1	1	1
Einstein	1	1	1
Brönstedt	2	2	2
Elektronegativität	3	3	3
Einsteins Relativitätstheorie	1	1	1
Einsteins Quantentheorie	1	1	1
Masse-Erhaltung	2	3	3
Molekül-Orbitale	2	3	2
Quantenmechanik vs. Stringtheorie	1	1	1
Mengenlehre	4	4	4

Begriffe	Rater 1	Rater 2	Rater 3
Säure-Base-Reaktion	2	2	2
Heisenbergsche Unschärfe	1	1	3
Oxidation	2	2	2
Orbitale	3	3	5
<b>Gesetz</b>			
Hooksches Gesetz	1	1	1
Goldene Regel der Mechanik	1	1	1
Trägheitsgesetz	1	1	1
Magnetisches Kraftgesetz	1	1	1
$R = U/I$	1	1	1
Stokes	1	1	1
Thermodynamik	3	1	2
Gesetz zur Erhaltung der Masse	2	3	3
$n = m/m$	2	2	2
Arbeitsschutzgesetz	4	3	5
$F = ma$	1	1	1
Grundgesetz der Mechanik	1	1	5
Hundsche Regel	2	3	3
Gesetz von der Erhaltung der Masse	2	3	3
Thermodynamik	3	1	3
Erhalt der Masse	3	3	3
Rechtssystem	4	1	4
Naturgesetz	3	3	1
Masse-Wirkungs-Gesetz	1	2	2
Hook	1	1	1
Faraday	1	1	1
$1/f = 1/b + 1/g$	1	1	1
$f = g * h$	1	1	5
Ohmsches Gesetz	1	1	1
<b>Wissenschaft</b>			
Experimentalwissenschaft	4	3	3
Mathematik	4	3	1
Biologie	4	3	2
Naturwissenschaft	3	3	3
Physik	1	1	1
Geisteswissenschaften / Psychologie	4	4	4
Geistes- und Naturwissenschaften	4	1	5
Chemie / Physik	3	3	3
Chemie	2	2	2
Erziehungswissenschaft	4	4	4
forschend-entwickelnde Arbeitsweisen	2	2	2
Forschung im Labor	4	3	2
Einstein	1	1	1
Arbeitsweisen	4	3	5
Technik	4	3	1
Experimentieren	3	3	2
Biochemie	2	2	2
Lavoisier	2	2	2
Naturwissenschaft	3	3	3

Begriffe	Rater 1	Rater 2	Rater 3
von Empirie zu Theorie	3	3	3
Experiment	4	3	3
Literaturwissenschaft	4	4	4
Wissenschaftliches Arbeiten	4	3	3
<b>Modell</b>			
Teilchen-/ Wellen Modell	3	1	3
Atommodell Rutherford	1	1	2
Doppelhelix (DNA)	4	2	2
Atommodell	3	3	2
Stromkreis - Wasserkreislauf	1	1	3
Bohrsches Atommodell	1	3	2
Teilchenmodell	3	3	3
Schalenmodell	3	3	2
Atommodell	3	3	2
kleinste Teilchen	3	3	3
Schalenmodell	3	3	2
Orbitalmodell	3	3	2
Kern-Hülle-Modell	2	3	3
Kugelteilen-Modell	3	3	3
Darstellung als Graphik	4	3	3
Schalenmodell	3	3	2
Wasserkreislauf für Elektronenfluss	1	1	3
Elektronenkreislauf	1	1	3
Umgruppierung von Teilchen	3	2	2
Atommodell Dalton	3	3	2
Atommodell	3	3	2
<b>Experiment</b>			
Gedanken-Experiment Schrödingers Katze	1	1	1
Luftdruck: Becher Wasser, Blatt Papier	1	1	1
Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	2	1	2
Streichholz entzünden	2	2	3
$l/m$ - Fadenstrahlrohr	1	1	1
elastische Stöße: Luftkissenbahn	1	1	1
Destillation	2	2	2
Knallgasprobe	2	2	2
Radikalische Substitution	2	2	2
Dünnschichtchromatographie	4	3	2
Titration von Salzsäure mit NaOH	2	2	2
Eliminierung	2	2	2
Titration	2	2	2
Esterbildung	2	2	2
Ohmsches Gesetz im Experiment, Lösung	1	1	1
Herstellung von Farbstoffen	2	2	2
Rutherfordscher Streuversuch	1	3	3
Titration	2	2	2
Verbrennen von Eisenwolle	2	2	2
Flammfärbung (Alkali-/Erdalkalimetalle)	2	2	2
Veresterung	2	2	2
Keimungsversuch+Dünger	2	2	5



---

Begriffe	Rater 1	Rater 2	Rater 3
chem. Rkt. des Kupfersulfid	2	2	2
Freihandexperiment	4	3	3
Physikunterricht	4	1	1
Thermit-Versuch	2	2	2
Gasnachweis O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	2	2	2
Rutherford	1	3	1
Hochofenprozess	2	2	2
Phänomene erklären	4	3	3
Salzsäure-Springbrunnen	2	2	2
Chem. Reaktionen	2	2	2
Galvanische Elemente	2	2	3
Lichtbrechung an Linsen	1	1	1
Verbrennung im geschlossenen System	2	2	3
Schwarzer Strahler	1	1	1
Rost frisst Luft	2	2	2
Glas über Kerze -> Kerze aus	2	2	2
Streuversuch Rutherford	3	3	1
Elektrolyse	2	2	2
Magnesium verbrennen	2	2	2
Alkoholische Gärung	2	2	2
Bestätigungsexperiment	4	3	3
Fe und S reagieren zu Eisensulfid	2	2	2

---

## Kreuztabellen Assoziationsstudie

**Fachhintergrund \* Universalie „Theorie“**

	Kontext der Beispiele				Gesamt
	<i>physikalisch</i>	<i>chemisch</i>	<i>beide</i>	<i>weder noch</i>	
Physik	49	2	10	2	63
Chemie	25	37	21	7	90
Kombination	4	5	1	2	12
Gesamt	78	44	32	11	165

**Fachhintergrund \* Universalie „Gesetz“**

	Kontext der Beispiele				Gesamt
	<i>physikalisch</i>	<i>chemisch</i>	<i>beide</i>	<i>weder noch</i>	
Physik	60	1	0	4	65
Chemie	22	52	2	13	89
Kombination	7	3	0	2	12
Gesamt	89	56	2	19	166

**Fachhintergrund \* Universalie „Wissenschaft“**

	Kontext der Beispiele				Gesamt
	<i>physikalisch</i>	<i>chemisch</i>	<i>beide</i>	<i>weder noch</i>	
Physik	17	9	13	24	63
Chemie	3	25	22	37	87
Kombination	2	2	2	6	12
Gesamt	22	36	37	67	162

**Fachhintergrund \* Universalie „Modell“**

	Kontext der Beispiele				Gesamt
	<i>physikalisch</i>	<i>chemisch</i>	<i>beide</i>	<i>weder noch</i>	
Physik	15	3	41	3	62
Chemie	2	16	73	2	93
Kombination	0	1	11	1	13
Gesamt	17	20	125	6	168

**Fachhintergrund \* Universalie „Experiment“**

	Kontext der Beispiele				Gesamt
	<i>physikalisch</i>	<i>chemisch</i>	<i>beide</i>	<i>weder noch</i>	
Physik	50	6	2	7	65
Chemie	6	78	0	8	92
Kombination	3	7	2	0	12
Gesamt	59	91	4	15	169

## Ergebnisse der Clusteranalyse zu Modellen im Unterricht

Im Folgenden sind die Clusterzugehörigkeiten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie ihre quadratische euklidische Distanz zum Clusterzentrum angegeben. Personen mit fehlenden Werten in mindestens einer Skala werden keinem Cluster zugeordnet (n. a.).

#	Cluster	Distanz	#	Cluster	Distanz	#	Cluster	Distanz
1	2	2.49	41	1	3.10	81	n. a.	n. a.
2	3	2.25	42	3	1.22	82	1	2.18
3	2	1.91	43	3	2.49	83	2	1.52
4	3	1.22	44	3	2.25	84	3	1.28
5	3	1.48	45	3	2.61	85	2	2.54
6	1	1.90	46	2	2.60	86	2	3.67
7	2	1.41	47	1	3.43	87	1	1.29
8	3	3.88	48	1	2.80	88	2	1.83
9	3	2.47	49	3	1.75	89	2	1.38
10	3	1.99	50	3	2.41	90	1	2.06
11	2	3.14	51	3	3.34	91	3	2.98
12	3	2.25	52	1	3.83	92	1	1.45
13	2	1.83	53	1	3.95	93	n. a.	n. a.
14	n. a.	n. a.	54	1	2.94	94	1	2.27
15	3	2.10	55	1	4.82	95	3	2.59
16	3	2.45	56	n. a.	n. a.	96	2	2.88
17	n. a.	n. a.	57	1	3.47	97	2	2.98
18	3	2.19	58	n. a.	n. a.	98	3	1.81
19	2	3.25	59	3	1.39	99	2	1.62
20	3	3.41	60	1	0.69	100	3	2.04
21	1	2.35	61	3	4.15	101	1	2.06
22	2	2.97	62	1	1.59	102	1	1.77
23	1	3.86	63	2	3.27	103	1	1.43
24	3	1.69	64	1	1.18	104	2	1.41
25	3	1.34	65	2	2.35	105	1	2.35
26	3	2.74	66	2	2.86	106	2	2.93
27	2	2.92	67	1	1.37	107	1	1.60
28	n. a.	n. a.	68	1	1.53	108	1	2.32
29	3	3.33	69	1	0.69	109	2	1.46
30	1	3.41	70	2	1.53	110	3	2.73
31	2	2.29	71	2	2.74	111	2	1.32
32	2	2.20	72	1	2.68	112	1	1.96
33	1	3.94	73	1	1.73	113	1	2.81
34	3	2.09	74	1	2.15	114	2	3.02
35	3	3.50	75	2	1.60	115	1	3.15
36	3	3.35	76	3	2.35	116	2	3.81
37	1	1.35	77	n. a.	n. a.	117	2	2.39
38	2	2.89	78	3	2.04	118	2	2.11
39	3	3.39	79	2	2.00	119	2	3.46
40	n. a.	n. a.	80	3	2.04	120	2	2.08

#	Cluster	Distanz	#	Cluster	Distanz	#	Cluster	Distanz
121	1	3.17	141	3	3.32	161	3	2.01
122	2	2.87	142	2	1.46	162	1	1.95
123	3	3.22	143	1	2.15	163	2	2.62
124	3	2.05	144	3	1.49	164	2	2.41
125	1	1.55	145	3	2.04	165	3	1.49
126	3	1.70	146	1	1.61	166	n. a.	n. a.
127	2	1.88	147	1	1.92	167	1	1.89
128	1	4.35	148	2	1.58	168	1	2.01
129	3	2.49	149	2	1.51	169	2	2.45
130	1	2.50	150	2	1.98	170	1	2.56
131	1	2.50	151	1	2.35	171	1	1.00
132	1	3.75	152	1	1.26	172	2	2.72
133	2	1.64	153	2	2.83	173	2	2.27
134	n. a.	n. a.	154	2	4.14	174	1	2.27
135	2	1.80	155	2	2.16	175	2	1.68
136	2	2.40	156	2	1.71	176	2	3.89
137	3	3.13	157	1	2.22	177	2	1.94
138	1	1.13	158	3	4.37			
139	n. a.	n. a.	159	3	3.77			
140	1	2.61	160	2	1.92			

## H Persönliche Angaben

Name: Norman Frank Riehs  
Geburtsdatum: 14. Juli 1983  
Geburtsort: Bad Soden-Salmünster

## Lebenslauf

*Der Lebenslauf ist in der Online-Version dieser Dissertation aus Gründen des Datenschutzes nicht enthalten.*

## Publikationen und wissenschaftliche Beiträge

### Artikel in Fachzeitschriften

- Rühl, E., Riehs, N. F., Behera, S., Wilks, J., Liu, J. Jochims, H.-W., Caruso, A. N., Boag, N. M., Kelber, J. A. & Dowben, P. A. (2010). Photo-fragmentation of the closo-Carboranes Part II: VUV Assisted Dehydrogenation in the closo-Carboranes and Semiconducting  $B_{10}C_2H_X$  Films. *The Journal of Physical Chemistry A*, 114, 7284–7291. doi: 10.1021/jp103805r
- Feng, D., Liu, L., Hitchcock, A. P., Kilcoyne, A. L. D., Tyliczszak, T., Riehs, N. F., Rühl, E., Bozek, J. D., McIlroy, D. & Dowben, P. A. (2008). Photofragmentation of closo-Carboranes Part I: Energetics of Decomposition. *The Journal of Physical Chemistry A*, 112, 3311–3318. doi: 10.1021/jp711019q

### Jahres- und Tagungsbandbeiträge

- Riehs, N. F. & Rumann, S. (in Druck). Messung des Grades an Wissenschaftlichem Realismus: Validierungsstudie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen*. Berlin: LIT-Verlag.
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2012). Differences in the Degree of Scientific Realism of Secondary Pre-Service Chemistry and Physics Teachers. Paper presented at the NARST-Conference, Indianapolis, US. Zugriff auf [http://www.narst.org/annualconference/2012\\_full\\_abstracts.pdf#page=57](http://www.narst.org/annualconference/2012_full_abstracts.pdf#page=57)
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2012). Epistemic Styles of Thinking of Pre-Service Chemistry and Physics Teachers. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Hrsg.), *ESERA E-BOOK Proceedings 2011* (Strand 5, S. 126–129). Zugriff auf [http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e\\_book/base/ebook/strand5/ebook-esera2011\\_RIEHS-05.pdf](http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand5/ebook-esera2011_RIEHS-05.pdf)
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2012). Epistemische Denkstile von angehenden Physik- und Chemielehrkräften. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung im Unterricht* (S. 595–597). Berlin: LIT-Verlag.
- Riehs, N. F., Jochims, H.-W., Serdaroglu, E., Rühl, E. & Dowben, P. A. (2007). Photoionization Mass Spectrometry and Fragmentation of Closo-Carboranes. *BESSY Annual Report 2007*, 384–385. Zugriff auf [http://www.helmholtz-berlin.de/media/media/oea/web/pr\\_webseite/druckschriften/berichte/bessy/annual\\_report\\_2007-v2.pdf](http://www.helmholtz-berlin.de/media/media/oea/web/pr_webseite/druckschriften/berichte/bessy/annual_report_2007-v2.pdf)



**Vorträge**

- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2012). *Messung des Grades an Wissenschaftlichem Realismus: Validierungsstudie*. GDGP-Jahrestagung, Hannover.
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2012). *Differences in the Degree of Scientific Realism of Secondary Pre-Service Chemistry and Physics Teachers*. NARST-Conference, Indianapolis, Indiana.
- Riehs, N. F. (2011). *The Degree of Scientific Realism of Secondary Pre-Service Chemistry and Physics Teachers*. Winterschool Joint Researcher Training, Hamburg.
- Riehs, N. F., Jochims, H.-W., Serdaroglu, E., Dowben, P. A. & Rühl, E. (2008). *Photoionization and Fragmentation of Closo-Carboranes*. DPG-Tagung Massenspektrometrie, Darmstadt. Zugriff auf <http://www.dpg-verhandlungen.de/2008/darmstadt/ms.pdf#page=5>

**Posterbeiträge**

- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2011). *Epistemische Denkstile von angehenden Physik- und Chemielehrkräften*. GDGP-Jahrestagung, Oldenburg.
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2011). *Epistemic Styles of Thinking and Pedagogical Content Knowledge of Pre-Service Chemistry and Physics Teacher*. ESERA 2011, Lyon.
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2011). *Realistische und anti-realistische Denkstile von Chemie- und Physikreferendaren*. Workshop „Naturwissenschaftlicher Unterricht“, Essen.
- Riehs, N. F. & Rumann, S. (2010). *Epistemic Styles of Thinking and Pedagogical Content Knowledge of Pre-Service Chemistry and Physics Teachers*. Summerschool Joint Researcher Training, München.

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, gem. § 7 Abs. (2) c) + e) der Promotionsordnung Fakultäten für Biologie, Chemie und Mathematik zur Erlangung des Dr. rer. nat., dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und mich keiner anderen als der angegebenen Hilfsmittel bedient habe.

Berlin, den 1. Januar 2013

Norman Frank Riehs

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, gem. § 7 Abs. (2) d) + f) der Promotionsordnung der Fakultäten für Biologie, Chemie und Mathematik zur Erlangung des Dr. rer. nat., dass ich keine anderen Promotionen bzw. Promotionsversuche in der Vergangenheit durchgeführt habe und dass diese Arbeit von keiner anderen Fakultät/Fachbereich abgelehnt worden ist.

Berlin, den 1. Januar 2013

Norman Frank Riehs

---

## Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 2010 bis 2012 im Graduiertenkolleg „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen. Allen Mitgliedern der angeschlossenen Arbeitsgruppen danke ich herzlich. Mein besonderer Dank gilt dabei folgende Personen:

Prof. Dr. Hans Fischer für die konstruktive Kritik und die Übernahme des Gutachtens sowie Prof. Dr. Markus Rehm für die Übernahme des dritten Gutachtens,

der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Finanzierung des Projektes,

den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Expertenratings, der Pilotierungen und der Hauptstudie,

den studentischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die während des Projektes Testungen durchgeführt und Transkripte angefertigt haben,

Prof. Dr. Leutner, Dr. Maria Opfermann, Theresa Dicke und Prof. William Boone für Hilfe und Anregungen in statistischen Methoden,

Simon Zander für viele und zum Teil nächtliche Diskussionen,

meinen Eltern Clarissa und Kalle sowie meiner Freundin Ginetta für die liebevolle Unterstützung und Geduld,

der Arbeitsgruppe Rumann, die mir in den Jahren wie ein zweites Zuhause geworden ist, und zu guter Letzt

Prof. Dr. Stefan Rumann für die Übernahme der Betreuung der Arbeit, die konstruktive Zusammenarbeit und stete Hilfe.